Bologna, li ....
Via de' Musei, 6 - Tel. (051) 26.29.61

Andamento climatico e suo rapporto con la produttività agricola; Bologna 1813-1970

Contratto CLI.097.I

RELAZIONE FINALE

Direttore della ricerca: Roberto Finzi

Gruppo di ricerca: Enrica Baiada, Marcella Bonzagni,
Francesca Di Palma, Guido Lo Vecchio

"ANDAMENTO CLIMATICO E SUO RAPPORTO CON LA PRODUTTIVITA' AGRICOLA: BOLOGNA 1813-1970"

1. I DATI E LA LORO TRATTAZIONE

1.1. Cenni Storici sulla raccolta di dati strumentali

Nella raccolta di osservazioni meteorologiche Bologna è una stazione piuttosto precoce, con la possibile eccezione dell'istituzionalizzazione di questo compito, realizzatosi definitivamente solo nel 1813.
Nel XVII secolo Bologna faceva certamente parte della rete dell'Accademia del Cimento, anche se le osservazioni non sono state finora ritrovate.

Termometri e barometri circolano prestissimo nella città; con ogni probabilità diversi studiosi possedevano questi strumenti, erano in grado di costruirli e (con i limiti tipici del periodo nel caso del termometro) di tararli.

Quando, all'inizio del XVIII secolo venne istituita la cittadina Accademia delle Scienze, il professore incaricato della cura del laboratorio e delle dimostrazioni di fisica sperimentale, J.B. Beccari, ritenne fosse tra i suoi compiti la registrazione di un accurato diario meteorologico. Questo fu iniziato nel 1714[1] proseguito ininterrottamente sino alla morte dell'Autore (1766) e continuato da un suo anonimo discepolo fino al 1774.

Una serie così lunga soffre di notevoli complicazioni dovute all'evolversi delle idee e delle conoscenze dell'ambiente scientifico in generale e di Beccari in particolare, soprattutto cambiamenti nella forma stessa delle effemeridi e nel tipo di strumento usato (grave il caso del termometro, con la successione di 3 tipi, ad alcool, ad aria, e a mercurio).

A quanto pare i successori di Beccari non ritennero utile proseguire la sua opera, probabilmente attratti da altri campi della fisica allora in tumultuoso sviluppo.

Abbiamo così una lacuna nella serie (del resto abbastanza limitata) fino al 1782. In quest'anno Bologna entrò a far parte della rete dell'Accademia Meterologica Palatina, istituita a Mannheim con il patrocinio dell'elettore Carlo Teodoro e le cure assidue del segretario J. Hemmer. L'accademia bolognese decise di addossare il compito della rilevazione dei dati non più al fisico, ma, secondo un modello "straniero", all'astronomo. La cura della specola era allora affidata a P. Matteucci, i cui interessi per lo più matematici probabilmente mal si sposarono con l'incarico ricevuto.

I manoscritti sono scomparsi e i risultati pubblicati nelle Effemeridi della Società(2) presentano numerose lacune, che li rendono più difficilmente utilizzabili.

La serie comunque si interrompe nel 1791 con la fine delle pubblicazioni dell'Accademia di Mannheim.

Nell'ultimo quarto del secolo anche diversi privati intrapresero a Bologna la registrazione di dati meteorologici producendo serie più o meno lunghe ed affidabili.

I problemi sono legati alla bassissima frequenza delle osservazioni (di solito una volta al giorno) alla struttura della strumentazione (per lo più maldocumentata) e alla sua collocazione ed esposizione (non sempre note) nonché alla possibilità che gli strumenti venissero spostati - specialmente nel caso del conte P. Ranuzzi (senza avvertenze particolari vengono "portati in villa" al seguito del

nobiluomo in vacanza) - o addirittura sostituiti.

Naturalmente per tutto il periodo che va dal 1792 al 1812 gli strumenti meteorologici nell'Accademia non mancano e probabilmente vi fu chi continuò ad utilizzarli con precisione e rigore anche se non con la necessaria continuità. Così si trovano tracce e registrazioni di diverse iniziative individuali - ad esempio il fisico P. Veratti registrava la quantità di pioggia tra il 1704 e il 1714 - mentre nell'anno successivo 1705 compaiono le prime annotazioni dei diari della Specola (appendice 1A). E' senz'altro vero, come fu poi giudicato anche da vari contemporanei che le effemeridi meteorologiche sufficientemente articolate iniziano nel 1813, ma esse non nascono dal nulla, provenendo da uno sviluppo verificatosi negli anni compresi fra il 1806 e il 1812 (Appendice 1A)(3).

All'inizio del 1813 ad opera del prof. Caturegli venne dato allo studio della meteorologia lo sviluppo adeguato.

Le osservazioni del 1813 non possono ritenersi complete perché soltanto nell'aprile del 1813 si cominciò ad usare il termometro a massima e minima e a registrare quindi temperatura massima e minima della giornata.

Gli elementi di osservazione secondo questo sistema erano:

- Altezza della colonna barometrica a mezzogiorno
- Temperatura a mezzogiorno
- Temperatura massima e minima tra un mezzogiorno e il successivo
- Altezza dell'acqua caduta tra un mezzogiorno e il successivo
- Stato del cielo nella giornata

- Direzione del vento a mezzogiorno e sua forza relativa
- Meteore e fenomeni straordinari.

Nel 1816 si introdussero le osservazioni igrometriche, ma le caratteristiche dello strumento stesso rendono i risultati spesso imperfetti e non dotati di quella affidabilità necessaria per ricavarne informazioni utili.

All'inizio del 1839 si diede un maggiore sviluppo alle osservazioni meteorologiche. Infatti vennero aggiunte alle osservazioni quotidiane prestabilite altre due osservazioni, precisamente alle 9 del mattino e alle 3 del pomeriggio.

Questo sistema venne mantenuto sino alla fine del 1845.

Nel 1846 si passa ad un totale di quattro osservazioni giornaliere, per quanto riguarda pressione atmosferica, temperatura massima e minima, e dati non strumentali, mentre per la quantità di pioggia nella giornata le osservazioni diventano quattro, stabilmente, solo nel 1852.

Dal 1852 al 1953 il numero di osservazioni rimane invariato salvo per il periodo dallo 01.05.1881 al 31.12.1893, in cui si hanno tre osservazioni.

Per il periodo dal 1953 sino ad oggi si è ritenuto opportuno rinviare la scelta definitiva di struttura del data-bank per le seguenti ragioni:

a) esistenza, per tale periodo, di un numero sufficiente di serie meteorologiche su punti di osservazione viciniori;
b) possibilità di una maggior articolazione del record giornaliero per la stazione di Bologna.

L'obiettivo perseguito è un'analisi di correlazione spaziale. Un risultato di questo tipo è già stato ottenuto,

su scala regionale, dal Servizio Meteorologico Regionale E.R.S.A. (Regione Emilia-Romagna) per il periodo 1961-1977 (GALLIANI-FILIPPINI, 1984).

1.2. Metodologia di realizzazione del "Data-Bank" per dati strumentali

L'input dei dati era costituito da materiale disomogeneo: è questo il motivo, peraltro di carattere generale, dell'assenza di serie storiche di dati opportunamente memorizzati in ambito nazionale.

Dopo una prima ricognizione, avente come obiettivo il dimensionamento dell'input, si è proceduto ad un esame critico circa l'attendibilità, la precisione e la congruenza delle informazioni disponibili, l'annotazione delle varie unità di misura considerate ed i codici usati, per rendere il più possibile corretta la successiva utilizzazione.

Tali informazioni si potevano ricavare direttamente dai registri, o, per una parte degli anni considerati, da pubblicazioni a stampa. La manipolazione della fonte originale comportava inaccettabili rischi di degrado per la medesima, per cui si è dovuto ricorrere ad una metodologia di acquisizione del dato, la microfilmatura dei registri, molto costosa e complessa. In parallelo, per tentare di ovviare agli inconvenienti di tale metodo, si è attivata anche la seconda procedura di acquisizione dati.

Poiché i dati meteorologici disponibili presentavano molte variabili e fra queste l'ora e la frequenza delle osservazioni, le unità di misura adottate ecc., non è stato possibile pervenire ad un "record standard": tuttavia si è mantenuta la corrispondenza tra il tipo di record ed il periodo di rilevazione, criterio rilevatosi utile soprattutto

nella successiva correzione degli errori.

Il risultato della preventiva ed accurata analisi del materiale disponibile si è concretizzato nella definizione di due tipi di records le cui dimensioni sono di 121 e 128 caratteri.

Ciascun tipo di record è stato sviluppato graficamente: il facsimile relativo contiene tutte le indicazioni utili alla identificazione del record, dei campi utilizzati e delle loro eventuali partizioni (vedi Appendice 1D-1E)

Per meglio comprendere quanto esposto riportiamo una breve descrizione del contenuto dei records registrati:

Record di tipo A

Periodo di rilevazione : gennaio 1813-maggio 1856

Frequenza dei dati : giornaliera (4 letture)

Parametri meteorologici: pressione atmosferica, temperatura, umidità pioggia

Dimensione record : 128 caratteri.

Record di tipo B

Periodo di rilevazione : giugno 1856-dicembre 1880
gennaio 1886-dicembre 1900

Frequenza dei dati : giornaliera

Parametri meteorologici: pressione atmosferica, temperatura, umidità relativa, pioggia del giorno

Dimensione del record : 121 caratteri.

Il contenuto dei records di tipo B si differenzia ulteriormente in records di tipo B_1. Il motivo di questa ulteriore differenziazione è legato al fatto che nei records

di tipo B_1 sono stati registrati i dati provenuti dalle pubblicazioni che riportato un unico valore per ciascuna variabile meteorologica.

Record di tipo A

Periodo di rilevazione : gennaio 1881-dicembre 1885
gennaio 1901-dicembre 1953

Frequenza dei dati : giornaliera

Parametri meteorologici: pressione atmosferica, temperatura massima e minima, umidità relativa, pioggia

Dimensione del record : 121 caratteri.

Terminata la fase di registrazione, si è proceduto alla verifica dei dati.

Per la quantità considerevole dei dati registrati nella costruzione dell'archivio si è pensato ad una procedura per la verifica e la correzione dei dati che può essere schematizzata nel modo seguente:

- Controllo della correttezza formale delle registrazioni su nastro.
- Controllo delle date di rilevazione (controllo di sequenza sulla corrispondenza ai periodi di rilevazione).
- Stampa e verifica della corretta trascrizione dei dati.

1.3. Metodologia di realizzazione di files di lavoro per preelaborazione statistica dei dati strumentali

L'Optimum sarebbe stato una riproduzione integrale dei dati mensili e giornalieri della serie storica considerata, ma criteri di convenienza economica ci hanno portato verso una rappresentazione mensile delle variabili climatiche usualmente più considerate, rimandando all'archivio storico il compito di soddisfare tutte le richieste di maggiore risoluzione temporale.

Ci si è orientati verso la realizzazione di tabelle che riportassero anche informazioni relative a valori estremi, su base annuale, ed informazioni sulle frequenze, persistenza o assenza di determinati fenomeni. Le tabelle relative ai valori medi annuali di temperatura ed ai valori totali annuali di precipitazione sono già state presentate nelle precedenti relazioni. La realizzazione delle altre tabelle, con le informazioni sopra indicate, non è ancora terminata, per problemi di validazione di alcuni settori del dato primario per piccole parti dell'intervallo temporale. In appendice 2A è riportato lo schema tipo di tali tabelle.

1.4. Cenni metodologici sulla raccolta e codifica di dati non strumentali

I registri meteorologici della Specola contengono anche una serie di dati non strumentali che si è ritenuto opportuno mettere su scheda, nonostante sia necessario un accenno preliminare alla difficoltà di utilizzare correttamente un materiale di questo tipo. Si tratta infatti di una fonte di cui non possiamo valutare appieno l'affidabilità in quanto essa è direttamente proporzionale all'affidabilità dell'osservatore, sulla cui abilità non abbiamo testimonianze di nessun genere. Inoltre, non conosciamo il numero esatto di persone che si sono succedute nell'operazione di rilevamento nell'arco di uno stesso anno solare o dell'intero periodo considerato.

Il lavoro di schedatura di questi dati è stato organizzato in modo da avere in successione la data, l'orario delle osservazioni, la direzione e l'intensità del vento, la copertura del cielo - in ottavi, come indicato nella "Guide des pratiques climatologiques" dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale - e le meteore delle 24 ore. Gli anni presi in considerazione vanno dal 1813 al 1900 compresi. Nel rimandare all'Appendice per una descrizione dettagliata dei dati osservativi raccolti, riteniamo utile soffermarci brevemente su uno dei punti più delicati che abbiamo dovuto affrontare. Le osservazioni sul vento sono infatti giudicate "assai scarse ed imperfette" già dai contemporanei, sia per quel che riguarda la sua direzione (solo a partire dal 1846

vengono collocati appositi anemoscopi alla sommità dell'Osservatorio), ma soprattutto per quanto concerne la sua forza che non veniva misurata con anemometri, bensì "qualificata secondo criteri prestabiliti all'osservatore" (RESPIGHI, 1862; CASONI, 1864). Dagli inventari dell'Osservatorio astronomico abbiamo potuto ricavare la data di introduzione del primo anemometro: dicembre 1880, dono del Ministero della Pubblica Istruzione. Capiamo così perché dall'1 gennaio 1881 compaia nei registri, accanto alla tradizionale indicazione della forza relativa del vento, una nuova casella riguardante una non meglio precisata velocità in chilometri orari, definita, a partire dal 1° gennaio 1893, come velocità media in chilometri orari. Noi non abbiamo una descrizione dell'anemometro usato per le rilevazioni e non possiamo sapere dall'ambigua dicitura "velocità in chilometri orari" se si tratti di una velocità media o di punta, così come non siamo in grado di valutare su quale intervallo fosse presa la velocità media indicata a partire dall'ultimo decennio del secolo scorso. Questa serie di problemi irrisolti ci ha portato da una parte a scegliere la schedatura della forza relativa del vento, anche in presenza di una seconda misura, per mantenere il più possibile una coerenza interna della serie (per la maggior parte del periodo considerato viene fornito solo il dato di forza relativa), dall'altra a creare una scheda per la trascrizione dei valori in chilometri orari che potranno essere meglio considerati una volta individuatane la giusta chiave di lettura.

1) I primi due anni non sono stati ritrovati. Gli altri si conservano a Padova, nell'archivio del Dipartimento di Astronomia dell'Università. Su queste effemeridi vedi BAIADA, 1986.

2) Vedi Ephemerides Societatis Meteorologicae Palatinae, Mannheim, 1783-1794.

3) In effetti la data del 1813 è importante non tanto per il salto di qualità, pur notevole, rispetto agli anni precedenti, quanto per l'assunzione definitiva delle rilevazioni meteorologiche fra i compiti istituzionali dell'Osservatorio Astronomico. La raccolta dei dati si configura sempre più come servizio, cui si rivolgono successivamente i più disparati fruitori, dalla stampa locale che li offre come rubrica fissa ai propri lettori, alle autorità cittadine, alle successive organizzazioni dei ministeri del nuovo Stato nazionale. Al di là di un'analisi (che pure sarebbe interessante) degli utilizzi successivi dei dati meteorologici (civili, agrari, medici, idrologici ...) rimane come diretta conseguenza di queste necessità sovrapposte la definitiva stabilizzazione delle rilevazioni, che di fatto continuano, con modifiche legate quasi esclusivamente a progressi strumentali, fino ai nostri giorni.

2. IL CLIMA A BOLOGNA NEL PERIODO 1813-1970

Questa parte della relazione viene sviluppata secondo le linee metodologiche comunemente accettate:

. Classificazione per periodi, secondo il criterio degli indici e dei diagrammi ombrotermici

..analisi statistica delle serie temporali di temperatura e precipitazione.

Tale scelta consente i necessari confronti con quanto già pubblicato sul clima della Provincia di Bologna (COMANI, 1986) e sulle serie lunghe di dati climatici, esistenti in Italia (in particolare la serie romana, COLACINO-ROVELLI, 1983).

Non è questa la sede per discutere l'assunto che privilegia la temperatura (ed in subordine le precipitazioni), per la descrizione del clima e delle sue variazioni. Basti ricordare l'ampia trattazione di H.H. LAMB (LAMB, 1972) confermata e ribadita dalla letteratura più recente (JONES-WIGLEY-WRIGHT, 1986).

Questa ipotesi di lavoro supera, almeno in linea di principio, la difficoltà del raccordo tra serie storiche e serie di dati meteo, raccolti con moderne tecniche avanzate: la maggior completezza ed affidabilità di queste ultime non è discriminante rispetto alla possibilità di descrivere il clima.

Possiamo ricordare che la presente ricerca si pone come obiettivo finale l'individuazione di un legame tra andamento climatico e produttività agricola. Anche in questo caso i dati di temperatura e precipitazione sono accettati come

significativi per una descrizione dei processi (MARACCHI-MIGLIETTA, 1984; HUFTY, 1976).

Nella parte della relazione, dedicata al modello agro-meteorologico, verrà discusso il problema della scelta ottima dei parametri significativi per la produttività agricola.

Per concludere questa premessa, è utile ricordare i fatti climatici salienti di questi due ultimi secoli, a livello planetario.

Esistono numerose evidenze, presentate in letteratura, che consentono di affermare che, nella prima parte del XIX secolo il pianeta uscì dalla cosiddetta Piccola Era Glaciale, con una fase di riscaldamento tendenziale culminato attorno al 1940 [FIG. 2.I, FIG. 2.II].

Un recente lavoro (JONES, WIGLEY, WRIGHT, 1986) integra questa ultima indicazione, evidenziando un nuovo trend di crescira [FIG. 2.III].

Sulle cause di questo trend è aperto da tempo un vivace dibattito nella comunità scientifica.

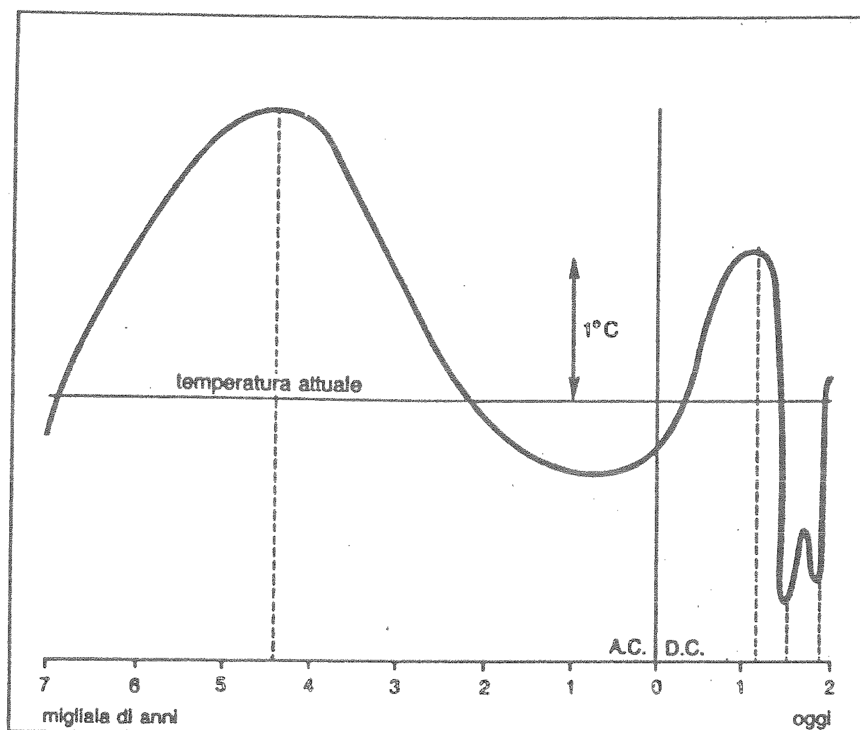


FIG. 2.I Andamento della temperatura del pianeta negli ultimi 10000 anni (Fonte: E. Rosini).

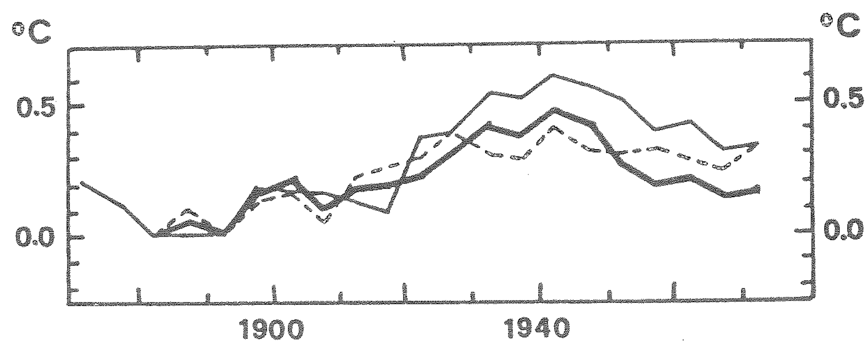
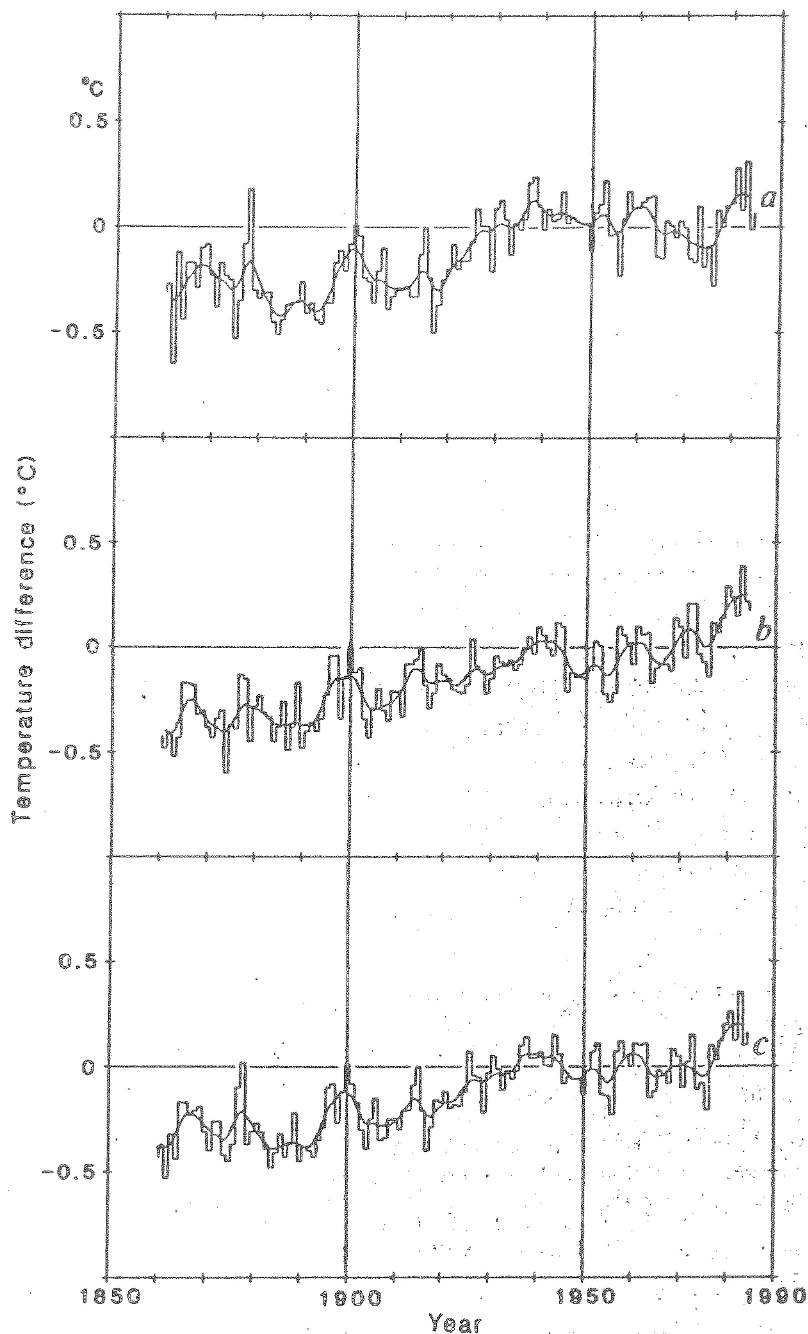


FIG. 2.II I cambiamenti della temperatura dell'aria del pianeta a partire dal 1870 (Fonte: H.H. Lamb)



Global (*c*) and hemispheric (Northern, *a*; Southern, b) annual mean temperature variations since 1861, based on sea-surface temperature data to represent the marine domain and using weights corresponding approximately to the maximum coverage for the four domains

FIG. 2.III Variazioni, a partire dal 1861, della temperatura media annuale globale ed emisferica (Fonte: P.D. Jones et al.)

2.1. Classificazione del clima di Bologna nel periodo 1814-1970

La stazione di Bologna è situata a 44° 32' N di latitudine e 11° 18' E di longitudine.

Geograficamente Bologna fa parte della pianura Padana, triangolo di terra molto piatta circondata nel versante settentrionale dalle Alpi e su quello sud-occidentale dagli Appennini, e aperta ad Est sul mare Adriatico.

Il clima bolognese viene solitamente definito continentale, ossia con inverni freddi ed estati calde, queste ultime dovute soprattutto all'anticiclone delle AZZORRE.

La serie meteorologica strumentale, ricostruita quasi completamente, è per l'Europa una delle più antiche, datando il suo inizio nel 1716.

Certamente è la più antica serie meteorologica completa per una località a Sud delle Alpi. Per tale ragione l'obiettivo di una sua completa ricostruzione e validazione appare di estremo interesse. La presenza di serie confrontabili a nord delle Alpi, consentirà un'analisi comparata del tutto soddisfacente del clima Europeo rispetto a vicende climatiche di medio periodo già note, in particolare la Piccola Età Glaciale. Già ora sono possibili confronti diretti assai interessanti che verranno sviluppati nella parte dedicata all'analisi statistica della serie storica di temperature medie annuali.

A tale analisi si è ritenuto opportuno premettere alcuni risultati ottenuti con i metodi della climatologia

descrittiva.

Sono già state presentate in letteratura le indicazioni sul clima di Bologna del XVIII secolo ottenute con i metodi sopraccitati (COMANI, 1984). Ciò consente un interessante confronto che si estende, in tal modo, agli ultimi tre secoli, pur con la lacuna tra gli anni 1774 e 1814.

Vengono considerati i tre seguenti periodi:

1814-1970 periodo oggetto della presente ricerca

1814-1862 periodo considerato per l'applicazione di un modello di correlazione tra produttività agricola ed andamento climatico

1862-1970 periodo complementare del precedente rispetto all'intero, dove si fanno sensibili fenomeni di urbanizzazione e di industrializzazione con i noti effetti sul microclima.

Si riportano qui di seguito gli indici considerati, e la griglia di classificazione climatica ad essi associata.

Classificazione climatica:

A clima molto umido
B clima umido
C clima subumido adatto ai cereali
C' clima mediterraneo
D clima semidesertico
E clima desertico

Simboli degli indici:

1DM I indice di De Martonne
2DM II indice di De Martonne
CC Indice di Cereceda-Carbonell

HTL Indice di umidità effettiva di Thornthwaite (algoritmo di H.M. Lorente)
HTC Indice di umidità effettiva di Thornthwaite (algoritmo di H.J. Critchfield)
TTL Indice termico di Thornthwaite (algoritmo di Lorente)
TTC Indice termico di Thornthwaite (algoritmo di Critchfield)

In APPENDICE 2B vengono riportati gli algoritmi di calcolo degli indici medesimi, unitamente ai risultati ottenuti.

Come già nel XVIII secolo, Bologna sembra sostanzialmente mantenere, nel periodo successivo, un clima sub-umido, classe C, con fluttuazioni sensibili nel bilancio idrico: un clima adatto alla coltivazione di cereali. Il confronto tra le tabelle relative al XVIII secolo, e quelle elaborate per i periodi precedentemente indicati, nel presente capitolo, è facile e diretto (vedi APPENDICE 2B).

Una più precisa determinazione di questo giudizio ci viene offerta dall'analisi comparata dei diagrammi ombr termici (per definizioni ed algoritmi vedi APPENDICE 2B).

Osservando le FIG. 2.IV, FIG. 2.V, FIG. 2.VI, il confronto tra le aree di "stagione secca" di "stagione umida" fornisce una valutazione sintetica quantitativa delle variazioni, assai modesta.

Ci sembra quindi possibile concludere che, sulla base dei dati analizzati, l'urbanizzazione e l'industrializzazione non hanno ancora mutato sensibilmente il microclima, nel periodo considerato, a Bologna. Un possibile interessante sviluppo di questa parte della ricerca, potrebbe essere un'indagine mirata sull'ultimo ventennio (1965-1985), comparativamente al periodo storico indagato.

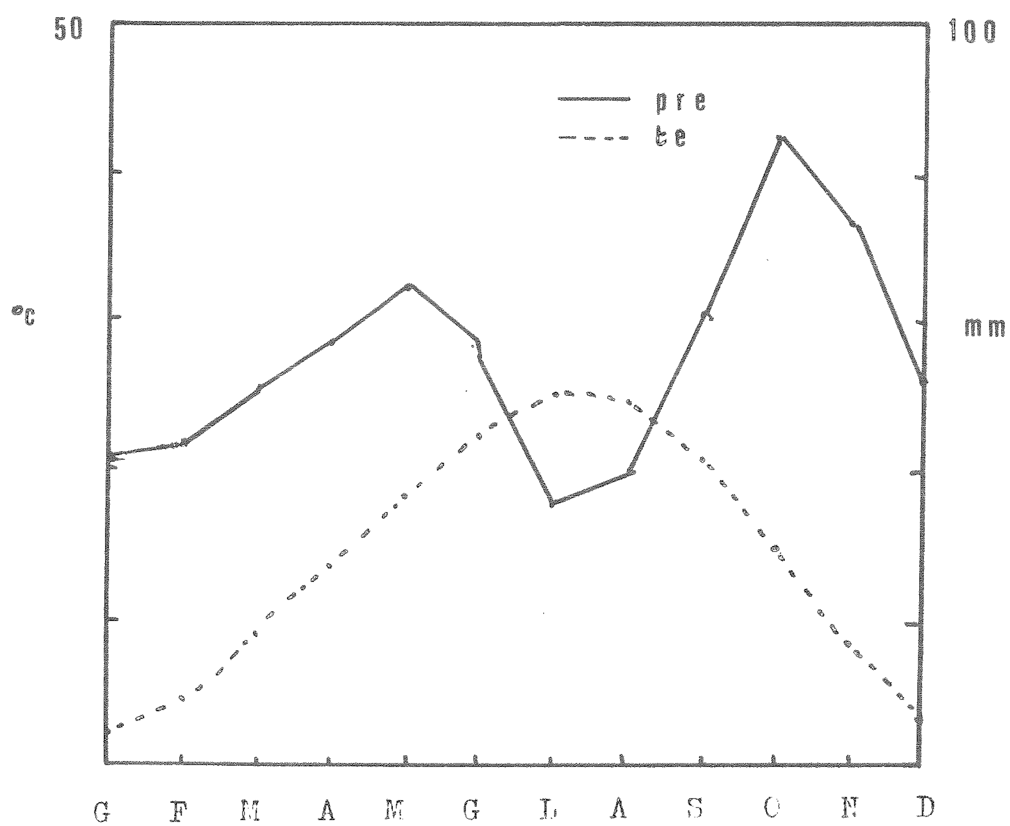


FIG. 2.IV Diagramma ombrotermico (temperatura-precipitazioni) |Bologna, 1814-1970|

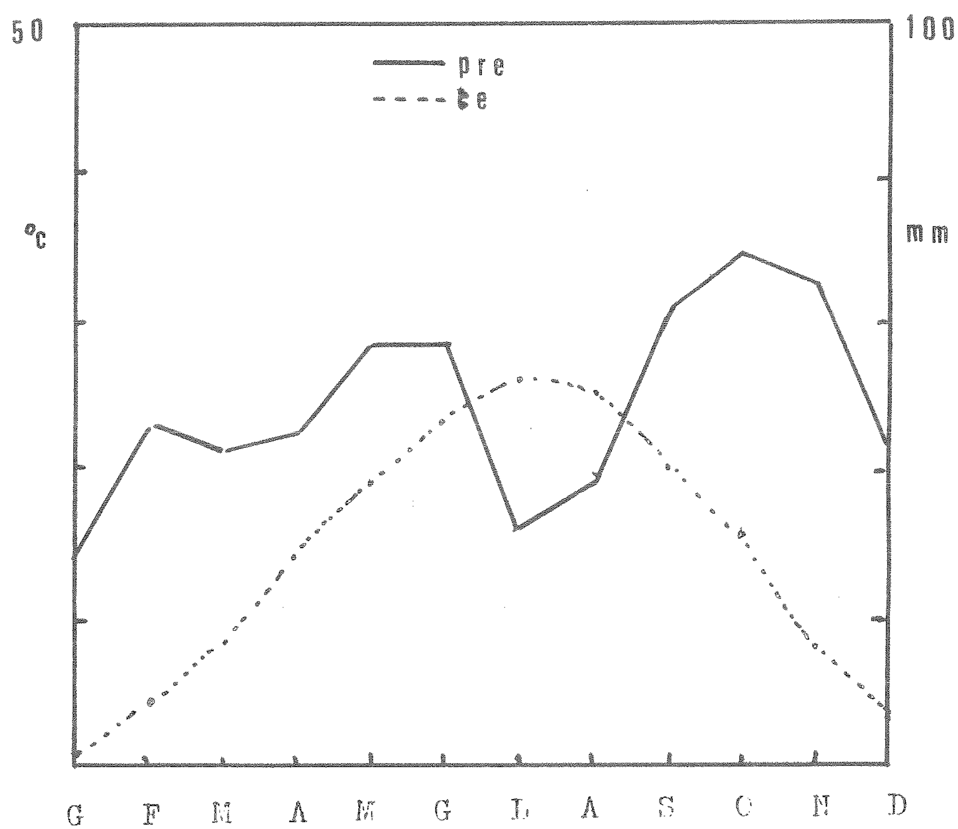


Fig. 2.V Diagramma ombrotermico (temperatura-precipitazioni) |Bologna, 1814-1861|

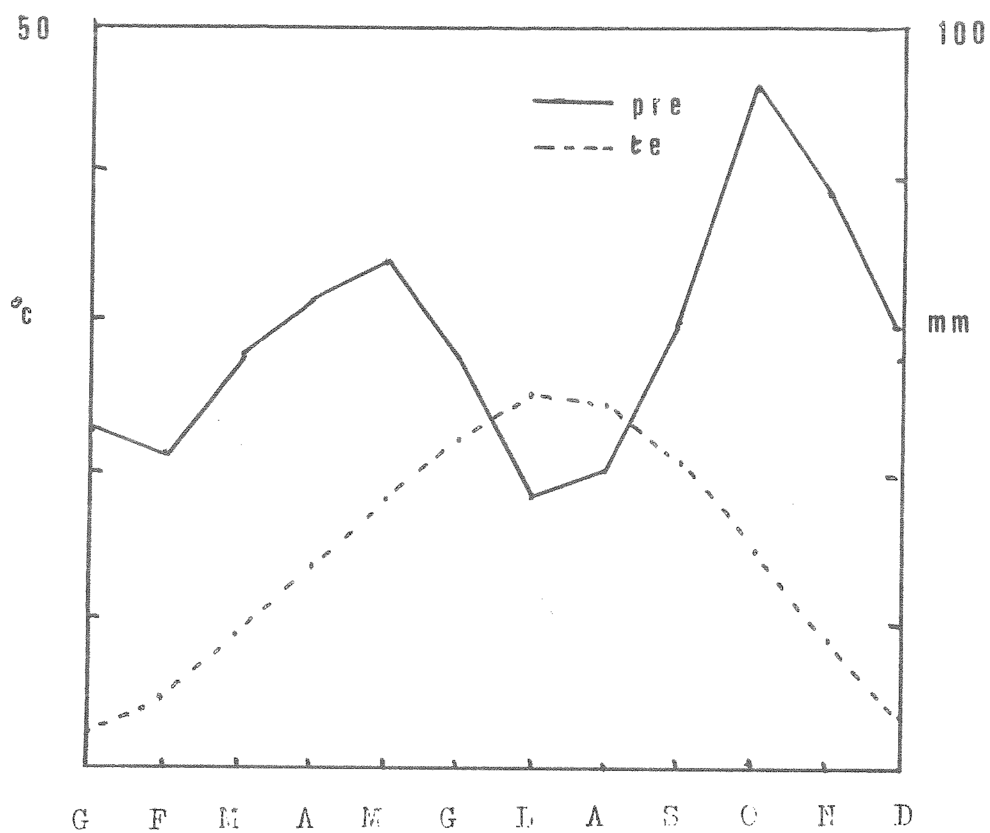


FIG. 2.VI Diagramma ombrotermico (temperatura-precipitazioni) |Bologna, 1862-1970|

2.2. Analisi statistica delle serie storiche di temperatura e precipitazione

STATISTICA DESCRITTIVA

Vengono qui presentati i seguenti diagrammi temporali per il periodo 1814-1970:

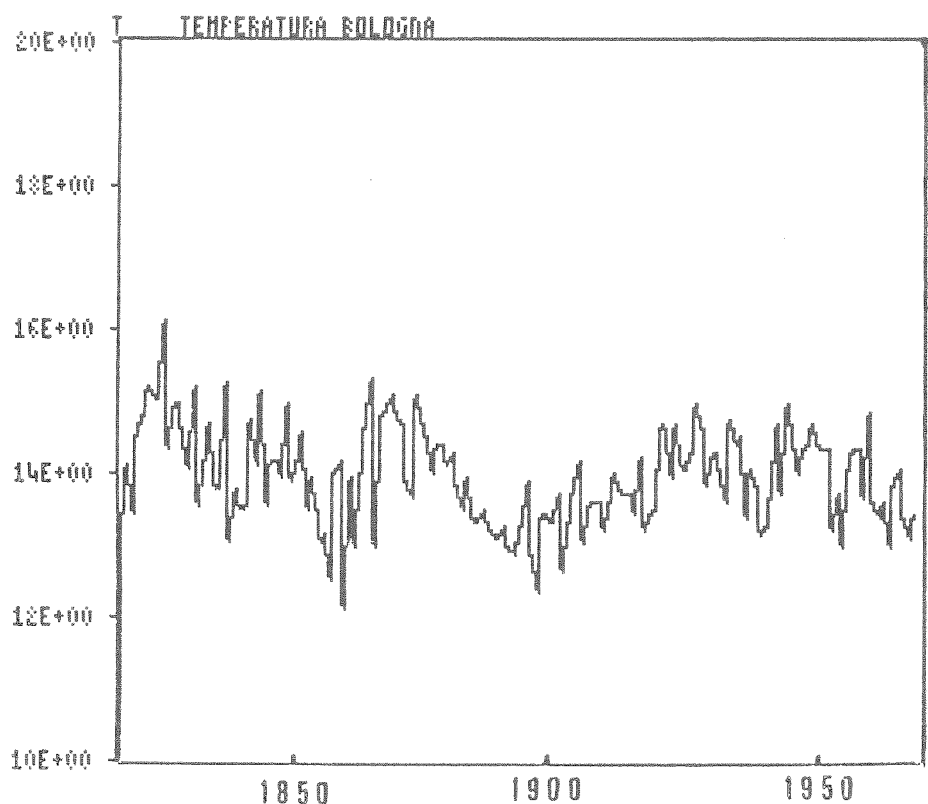


FIG. 2.VII Andamento della temperatura media annua: Bologna, 1814-1970

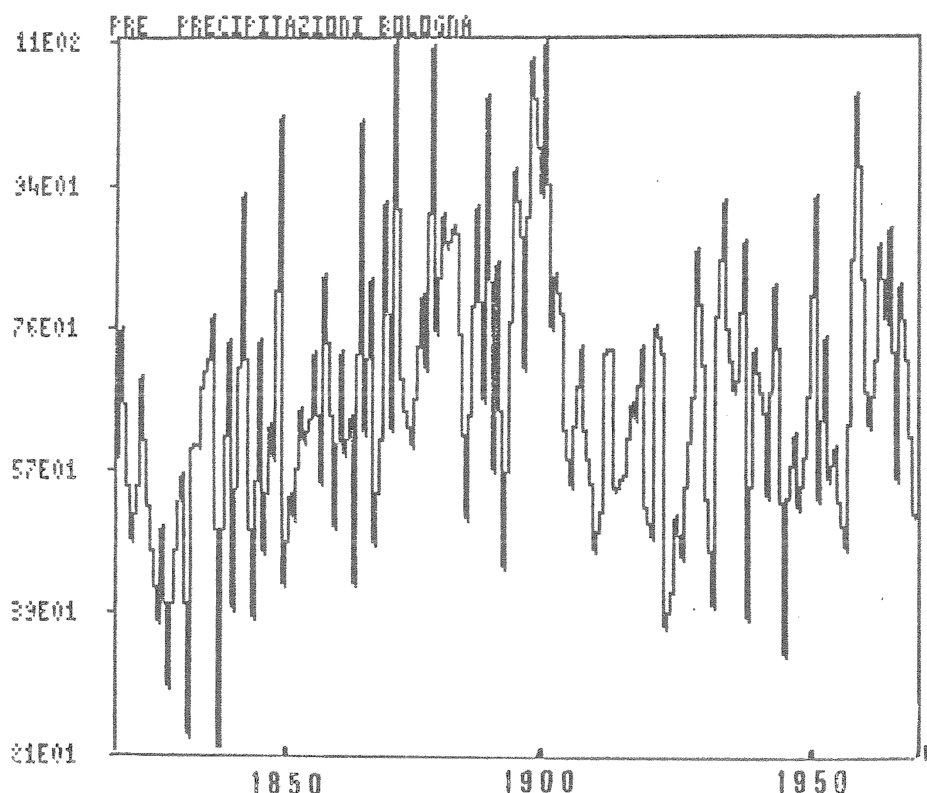


FIG. 2.VIII Andamento della precipitazione media annua: Bologna, 1814-1970

ELABORAZIONE DEI DATI

Con tale espressione si vuole intendere analisi statistica finalizzata a trarre valutazioni sulle caratteristiche del clima e sulle sue variazioni, nel periodo considerato per l'area indagata.

I punti che verranno sviluppati in modo particolare sono:

a) analisi di serie storiche di temperature "filtrate";

b) indagine sulla variazione climatica mediante il test di MANN-KENDALL applicato alle serie storiche di temperature;

c) analisi spettrale delle serie storiche di temperature.

Una breve premessa critica sulla reale utilità di molti dei test statistici comunemente utilizzati.

C'è un esempio molto significativo per illustrare l'argomento: i test di aleatorietà e persistenza, già

applicati senza risultati apprezzabili da S. COMANI ai dati del XVIII secolo, come viene chiaramente messo in evidenza dall'autrice medesima (vedi, ad esempio, COMANI, 1986, p. 332 e p. 342). Nel caso delle serie di temperature medie annuali del '700, l'applicazione di tali test, aveva significato in relazione ai problemi di affidabilità posti dalla serie stessa (problemi risolti in modo del tutto soddisfacente da S. COMANI in un suo lavoro sul problema specifico).

Nel caso della serie 1814-1970, oggetto della presente indagine, questi problemi non esistono, come è stato illustrato in BAIADA, 1986.

Per tale ragione, i punti che verranno sviluppati e discussi sono quelli indicati precedentemente: da essi è stato possibile ottenere indicazioni abbastanza chiare ed interessanti.

In particolare verrà presentata e discussa l'applicazione del test di MANN-KENDALL , sviluppato e validato metodologicamente da A. BERGER e collaboratori (GOOSSENS-BERGER, 1985, vedi anche APPENDICE 2F per parte definitoria e metodologica).

In APPENDICE 2C, 2D, 2E, viene riportata in dettaglio la parte tecnica e definitoria riguardante i test utilizzati, con alcuni dei risultati ottenuti, giudicati non significativi.

a) Analisi per confronto di serie storiche di temperature "filtrate" (con tecnica di medie mobili o filtro di ORMSBY, PRIESTLEY, 1981).

Vengono riportati i seguenti diagrammi temporali:

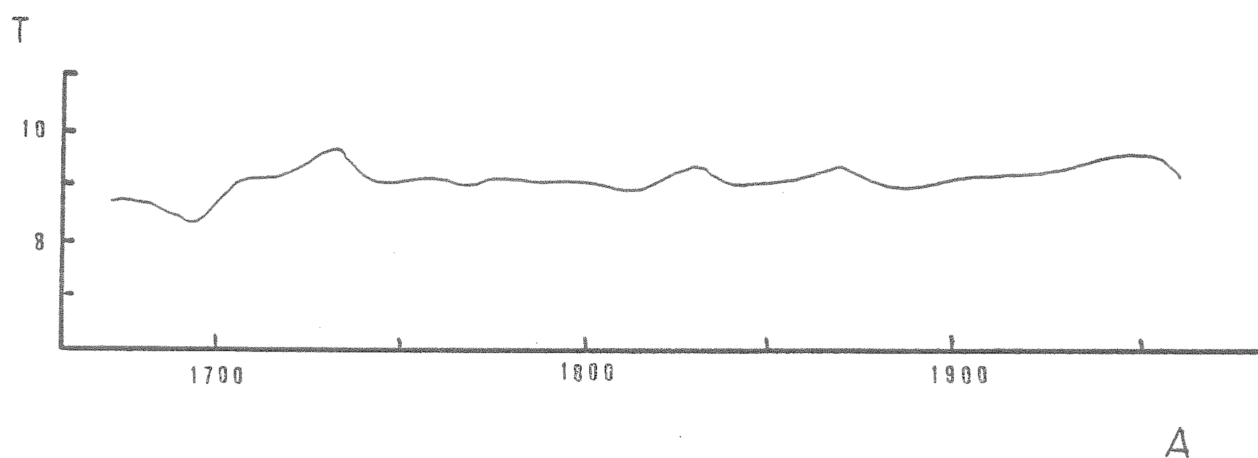


FIG. 2.IX Andamento delle temperature medie annuali a Central England (1659-1973; dato filtrato con medie mobili $T \geq 30$)

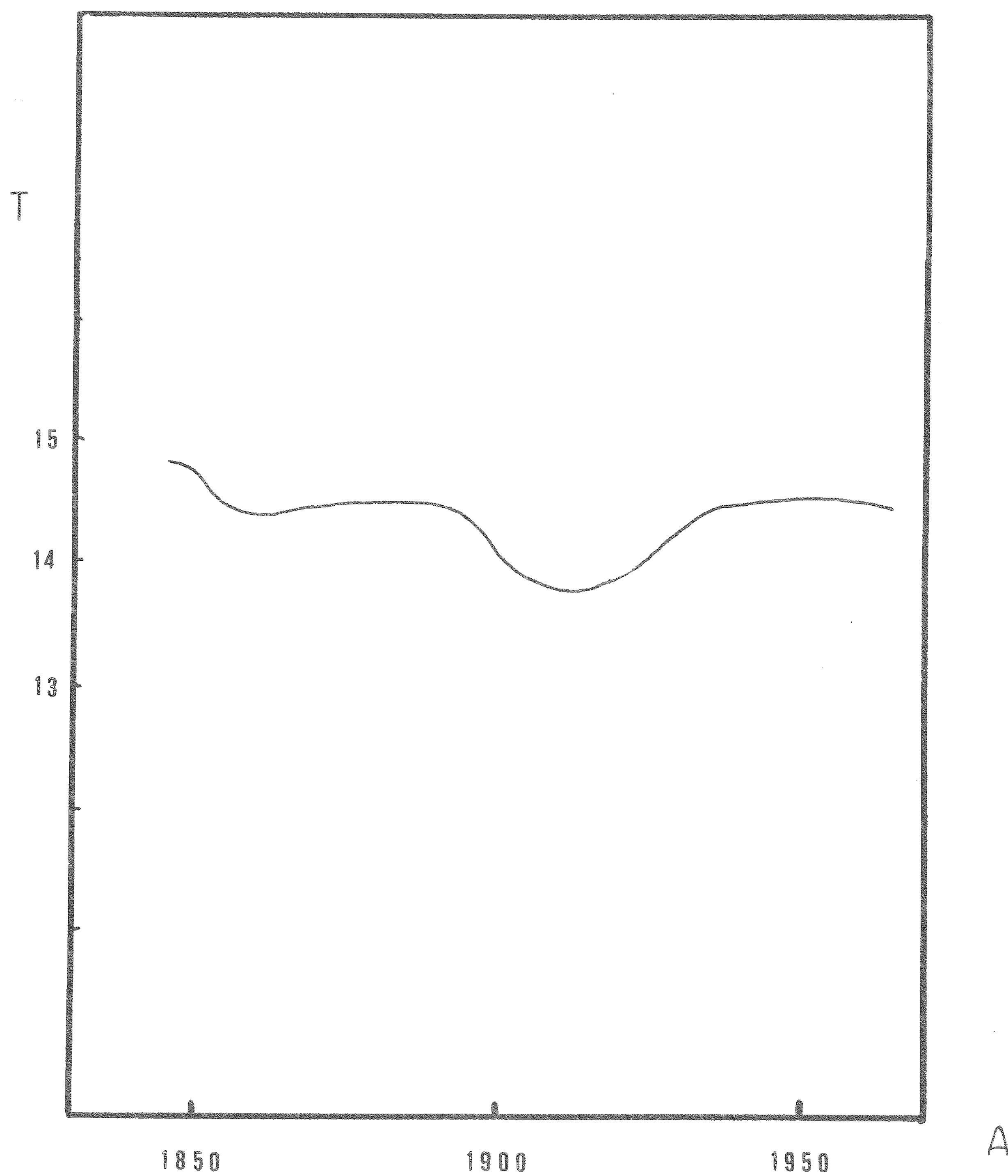


FIG. 2.X Andamento delle temperature medie annuali a Bologna
(1814-1970; dato filtrato con medie mobili T $\geq$ 30)

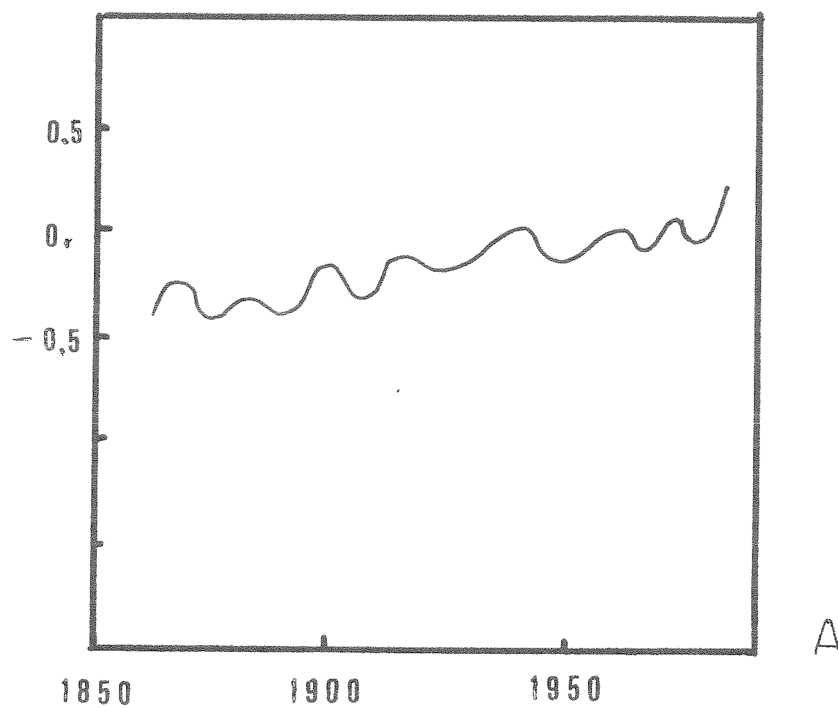


FIG. 2.XI Andamento delle temperature medie annuali nel Northern Hemisphere (1815-1970; dato filtrato con medie mobili T $\geq$ 30)

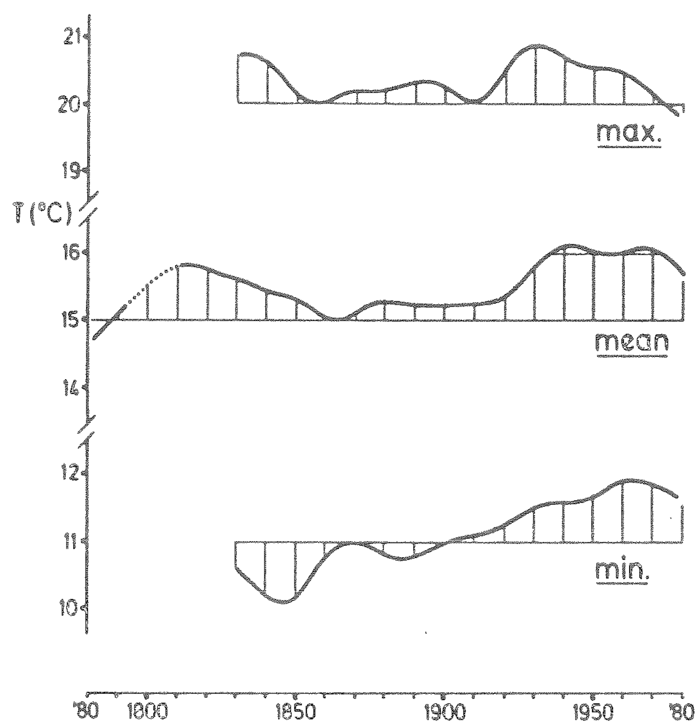


FIG. 2.XII Andamento delle temperature medie annuali a Roma (1782-1975; dato filtrato con filtro di Ormsby, fluttuazioni $\geq$ 22 anni)

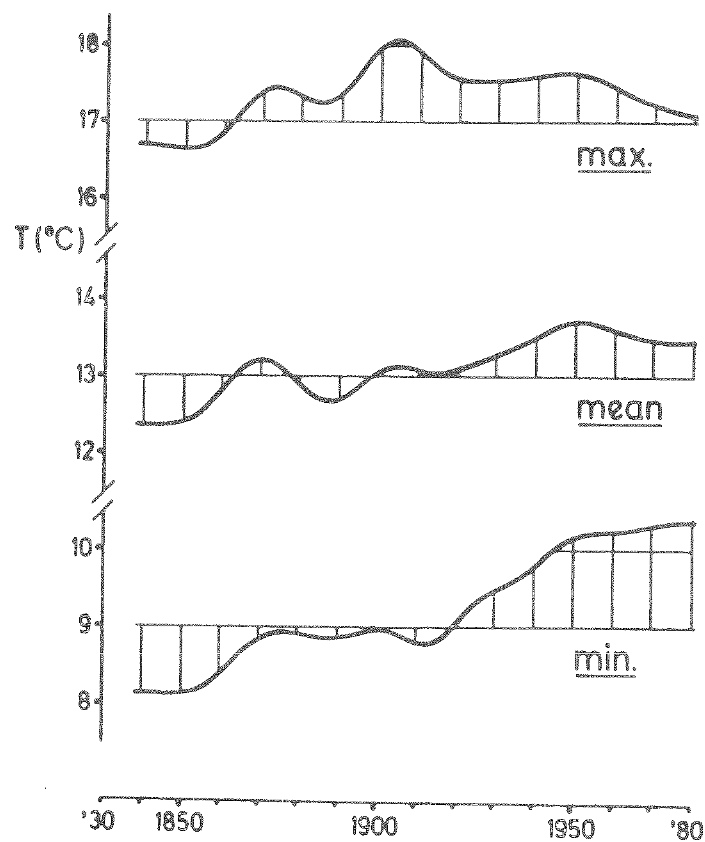


FIG. 2.XIII Andamento delle temperature medie annuali a Milano (1866-1978; dato filtrato con filtro di Ormsby, fluttuazioni $\geq$ 22 anni)

E' immediato osservare l'evidente "parentela" tra Londra, Bologna e Roma, da una parte, e Milano con il Northern Hemisphere dall'altra, considerando la diversa inclinazione dei profili filtrati: il trend di crescita nel secondo gruppo è assai più evidente, mentre la forma dei profili è simile per tutti i casi considerati.

Ciò consente di recuperare pienamente il risultato di MICHELONI, 1944, dove l'analisi indicava un alto valore di correlazione tra Londra e Bologna.

Questa particolare affinità è nota già da tempo, ed è da taluni spiegata con i particolari effetti della Corrente del Golfo.

Il contributo della presente analisi sta nella verifica di tale affinità, con dati strumentali, per un periodo abbastanza lungo, e nella possibilità, offerta dai grafici di valori "filtrati", di "ordinare" i diversi climi locali, con un semplice criterio di confronto diretto.

Esplicitamente:

ROMA, BOLOGNA, LONDRA, MILANO, NORTHERN HEMISPHERE.

In questo caso il trend diversificato ha evidenza grafica, e può solo offrire indizi per una analisi rigorosa.

Questo criterio del confronto a diverse latitudini (e differenti condizioni), suggerito in GOOSSEMS-BERGER, 1985, verrà ripreso nella successiva trattazione delle serie di temperature medie annuali con il test di MANN-KENDALL.

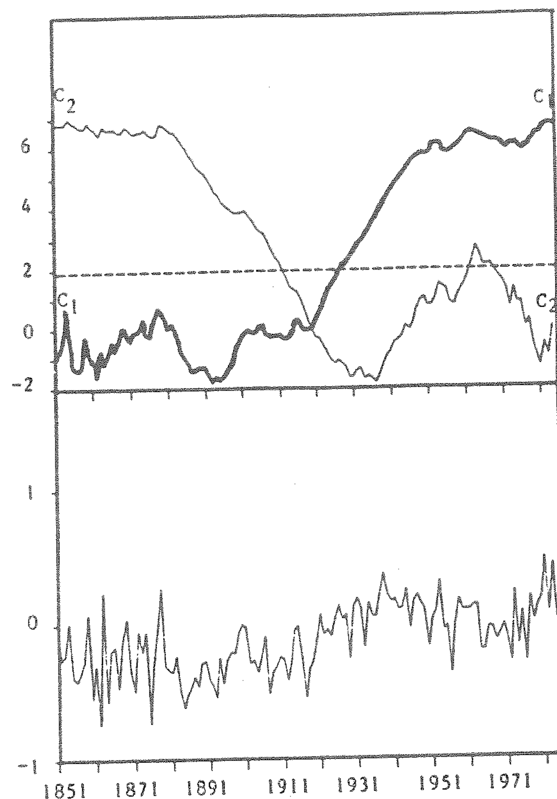
b) Applicazione del test di MANN-KENDALL alla serie delle

temperature media annuali di Bologna (periodo 1814-1970; periodo di riferimento 1951-1970); confronto con i risultati analoghi ottenuti in ambito europeo.

In accordo con la definizione di variazione climatica e con l'associata proposta del test di MANN-KENDALL (vedi Appendice 2F), viene analizzata la serie di temperature medie annuali di Bologna (1814-1970), riferita al periodo 1951-1970.

Secondo quanto illustrato in APPENDICE 2F, il test consente di localizzare temporalmente una variazione climatica, attraverso le due curve C_1 e C_2 generate dall'algoritmo, al livello richiesto di significatività (qui ±1.96 come valore di ordinata, corrispondente al 95% di significatività).

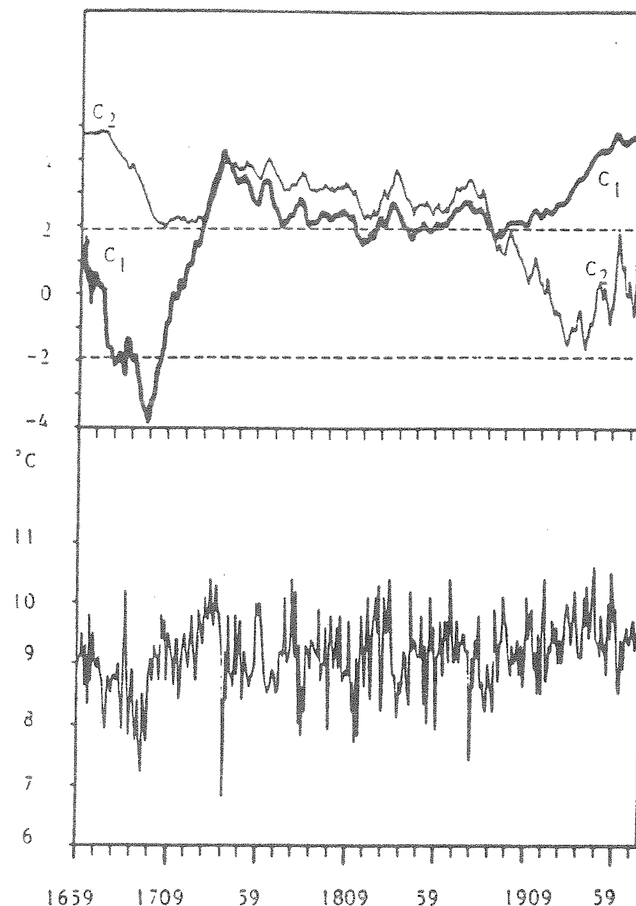
Nelle figure seguenti sono riportate le curve ottenute del test sopraccitato per differenti serie di temperature medie annuali.



Lower part : annual temperature anomalies (°C) for the N.H., relative to the 1951-1970 reference period (Jones, 1985a).

- Upper part : values based on the sequential version of the Mann-Kendall test.

FIG. 2.XIV Analisi delle anomalie delle temperature medie annuali del Northern Hemisphere (1851-1970; periodo di riferimento 1951-1970; valori basati sulla versione sequenziale del test di Mann-Kendall)



Lower part : mean annual air temperature values for Central England (1659-1973).

- Upper part : values based on the sequential version of the Mann-Kendall test.

FIG. 2.XV Analisi delle temperature medie annuali di Central England (1659-1973; valori basati sulla versione sequenziale del test di Mann-Kendall)

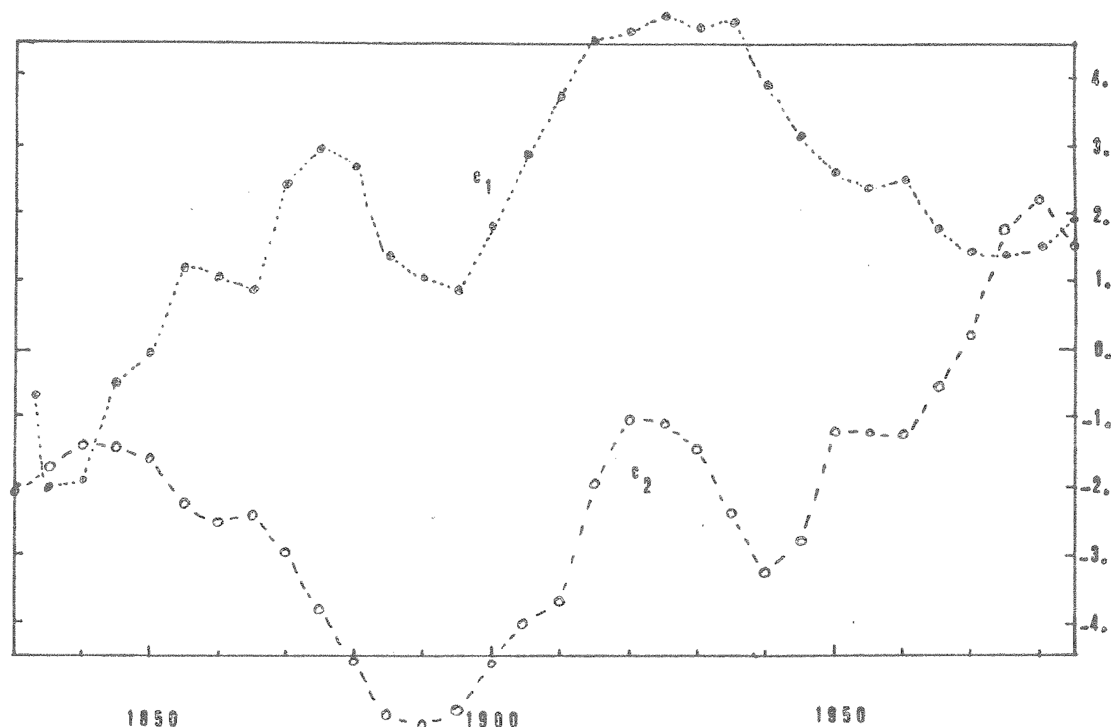


FIG. 2.XVI Analisi delle anomalie delle temperature medie annuali di Bologna (1814-1970; periodo di riferimento 1951-1970; valori basati sulla versione sequenziale del test di Mann-Kendall)

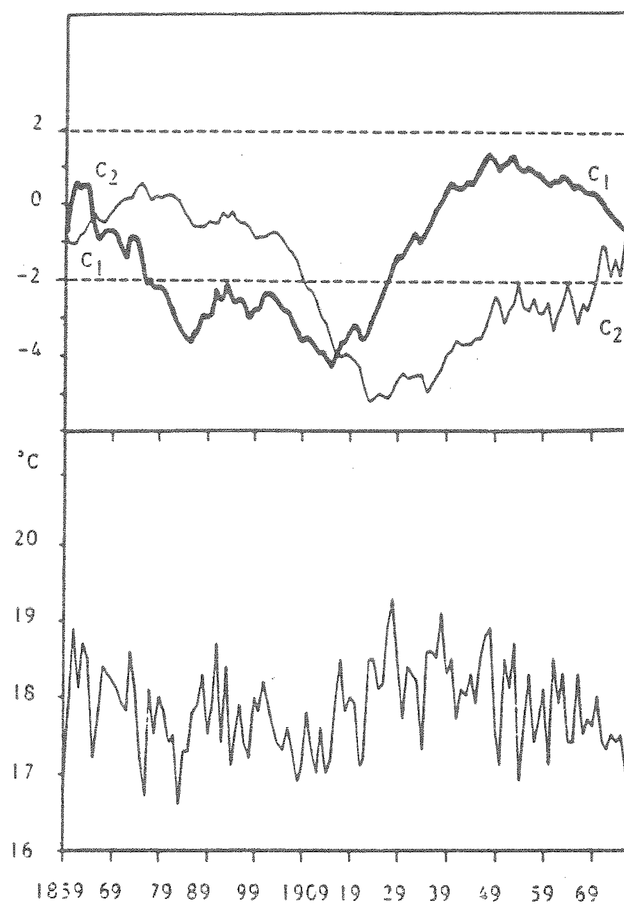


FIG. 2.XVII Analisi delle temperature medie annuali di Atene (1859-1977; valori basati sulla versione sequenziale del test di Mann-Kendall)

E' immediata la verifica dei diversi andamenti climatici per le differenti località. In particolare è possibile individuare un "ordinamento" cronologico della variazione climatica significativa. Si può osservare che non tutte le situazioni considerate esibiscono due variazioni climatiche significative, anche se va ricordato che le serie storiche analizzate hanno lunghezza diversa. Questo risultato, anche se parziale, rappresenta un salto di qualità nell'analisi dei mutamenti climatici a scala temporale ridotta (i grandi mutamenti climatici tradizionalmente considerati hanno scale temporali sull'ordine delle ere geologiche).

Innanzitutto, il mutamento è definito, per la logica stessa del test, rispetto ad un preciso periodo di riferimento. Inoltre, l'individuazione del mutamento climatico è realizzata con alta risoluzione temporale, e con una significatività statistica definita. Infine, la risposta del test si integra assai bene con i risultati degli altri metodi di analisi qui esposti.

Nelle conclusioni sarà tentata una sintesi di tutti questi elementi, evidenziando anche i limiti del risultato, come pure la possibilità di migliorarlo, disponendo delle serie, completa e validata, delle temperature medie annuali di Bologna (1716-1970).

c) Valutazione dello spettro di potenza per le serie di temperature medie annuali di Bologna per il periodo 1814-1970

I metodi utilizzati per tale approccio di analisi spettrale

sono descritti in APPENDICE 2G.

Il diagramma presentato in FIG. XVIII è stato ottenuto con il metodo del PERIODOGRAMMA e verificati con il metodo del "massimo d'entropia".

Si ritrovano, sia pure con differente significatività statistica, le periodicità attese (20 ~ 25 anni, COMANI, 1986; ~ 11 anni, COLACINO-ROVELLI, 1983).

In FIG. XIX e FIG. XX sono riportati, per confronto, gli spettri di potenza delle serie di temperature medie annuali di Central England (1659-1973) e, rispettivamente,Roma (1782-1975).

Si osserva come l'unica periodicità comune, esibita a differenti livelli di significatività, sia quella attorno agli 11~ 14 anni, che in COLACINO-ROVELLI, 1983, è associata all'attività solare.

I risultati sono confrontabili con riserva, essendo riferiti a periodi temporali di dimensione differente.

E' inoltre dubbia la possibilità di ottenere risultati significativi con l'analisi spettrale applicata a periodi relativamente brevi, come quelli di presenza di dati climatici strumentali.

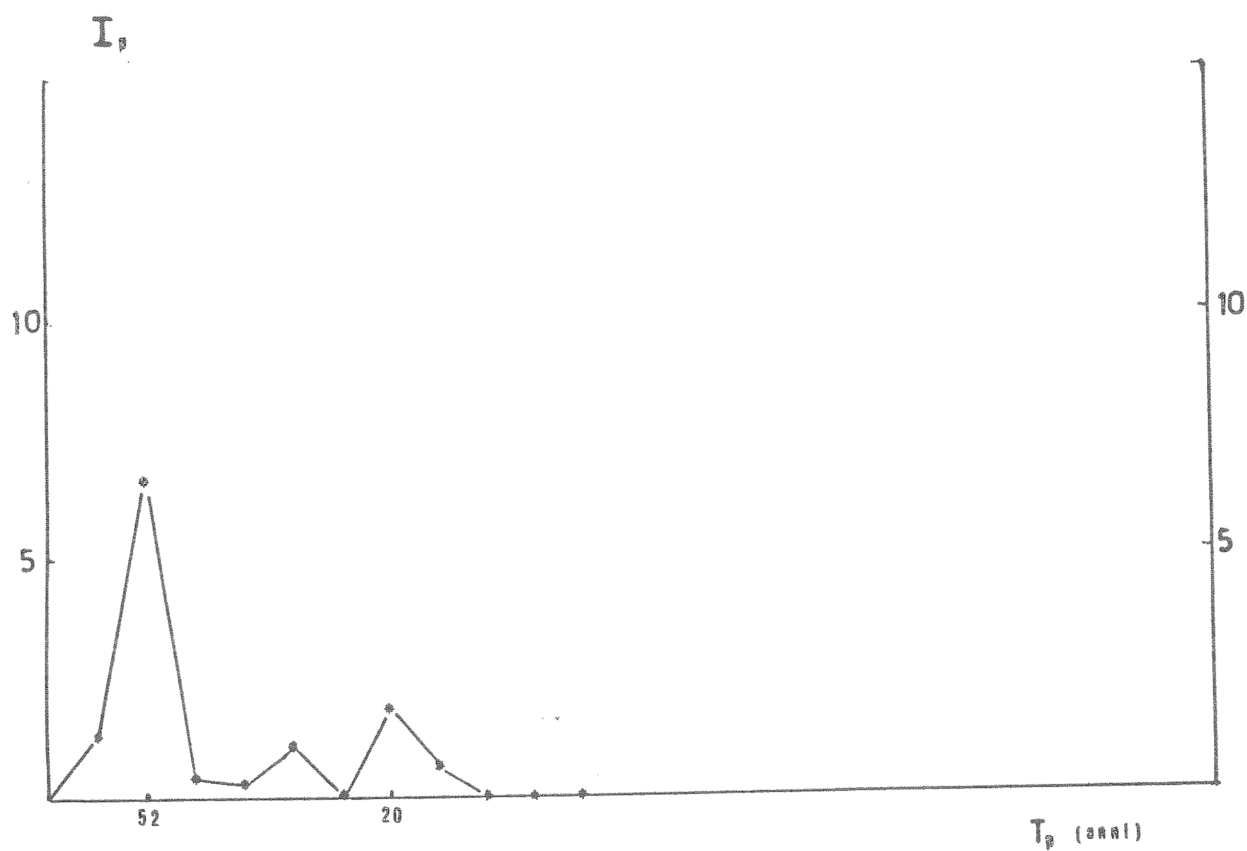


FIG. 2.XVIII Spettro di potenza delle temperature medie annuali di Bologna (1814-1970)

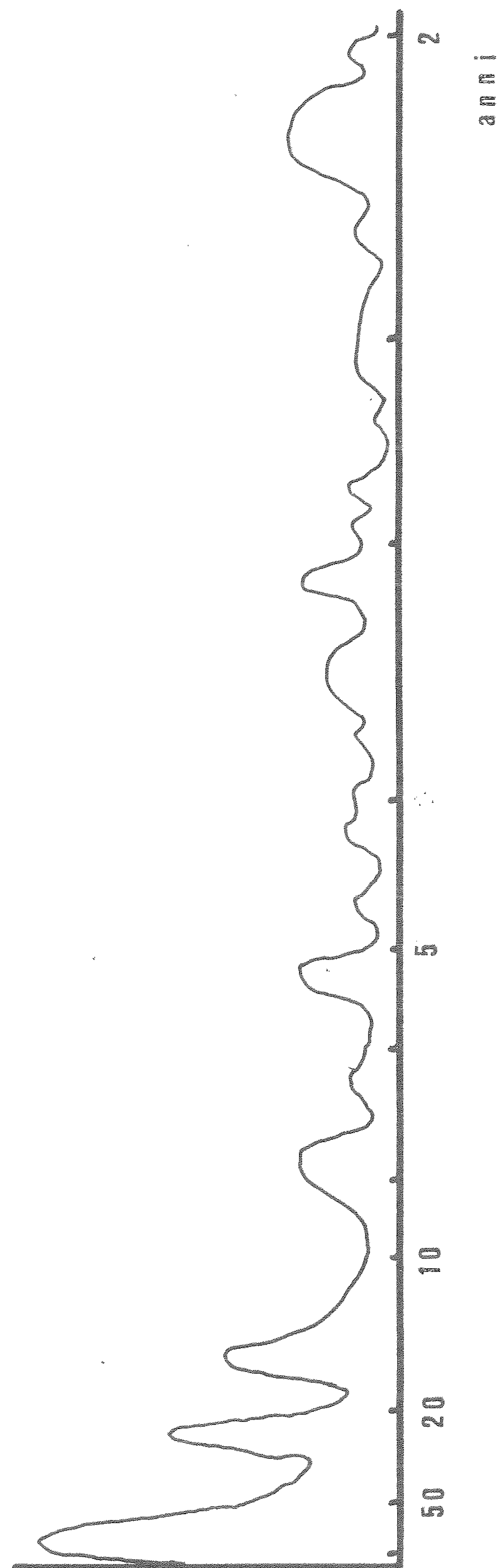


FIG. 2.XIX Spettro di potenza delle temperature medie annuali di Central England (1659-1973)

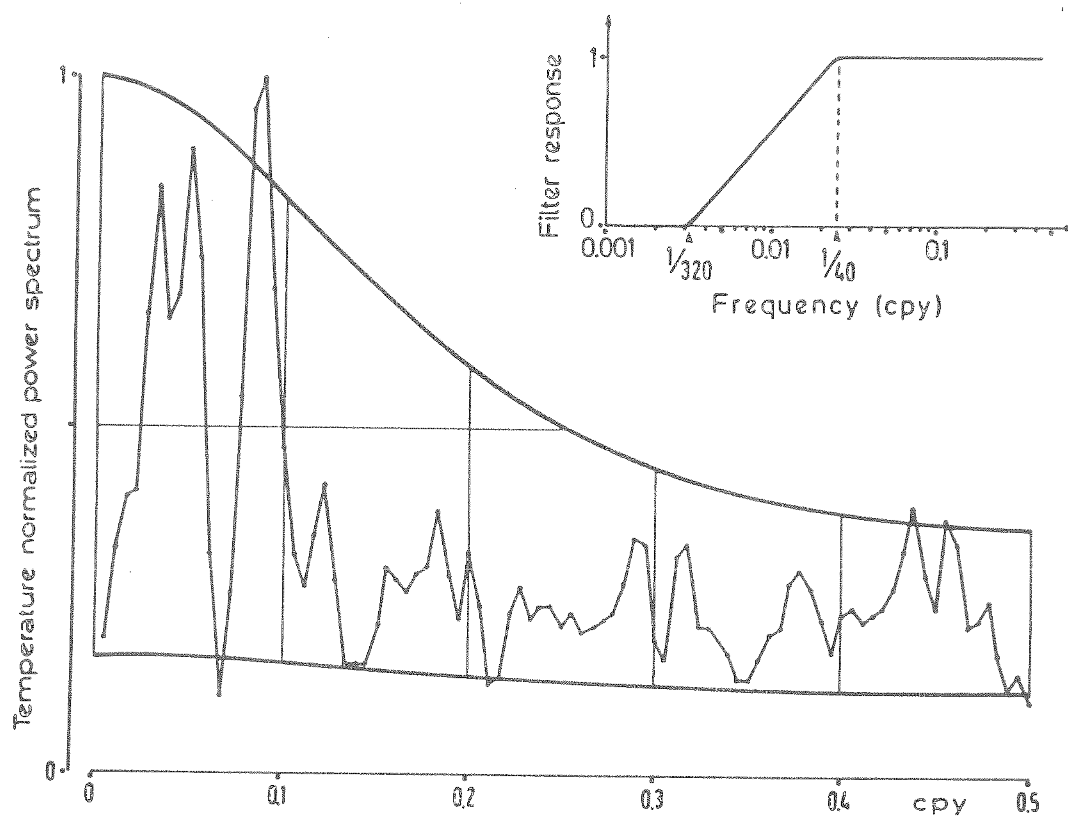


Fig. 2.XX Spettro di potenza delle temperature medie annuali di Roma (1782-1975)

1) I risultati ottenuti dall'applicazione del test di Mann-Kendall appaiono deludenti, ad una osservazione superficiale, confrontati con la maggior ricchezza di indicazioni offerta dai metodi tradizionali di analisi dei trends.

E' quindi necessario sottolineare che tale test consente di localizzare temporalmente la variazione climatica, in forma oggettiva e quantificata.

Riprendendo l'argomento già discusso, noi abbiamo due indicazioni di variazione climatica per gli ultimi due secoli, a livello planetario (FIG. 2.II): l'uscita dal piccolo glaciale e il massimo di temperatura a metà circa del XX secolo.

Il test ci consente di valutare le oscillazioni temporali del clima nelle singole località rispetto ad un andamento definito a livello planetario.

Quindi, non solamente fornisce una indicazione quantitativa assoluta sulla localizzazione temporale della variazione climatica, ma consente anche un'analisi quantitativa relativa per confronto, tra i vari climi e il "clima del pianeta", sempre assumendo la temperatura come indice globale (JONES-WIGLEY-WRIGHT, 1986).

Non esistono, al presente, altre metodologie in grado di operare a questo livello di efficacia e rigore, su questi problemi.

3. ANDAMENTO CLIMATICO E PRODUTTIVITA' AGRICOLA NELLA PIANURA BOLOGNESE

La ricerca di un legame tra produttività agricola ed andamento climatico pone due ordini di problemi:

1) la qualità e quantità di dati disponibili rappresenta l'elemento di più forte condizionamento dell'indagine. Tale condizionamento può essere superato in un progetto di ricerca che sia in grado di programmare la raccolta di tutti i dati necessari all'analisi, con accuratezza ed affidabilità note. Non è questo il caso della presente ricerca che subisce, pertanto, tutti i condizionamenti dell'indagine storica;

2) una scelta metodologica idonea al conseguimento degli obiettivi attesi non è in nessun modo garantita a priori. Si tratta infatti di correlare due ambiti di fenomeni complessi, per i quali non esistono ancora teorie o metodologie d'indagine sufficientemente generali e validate. Questa considerazione ha spinto gli autori della presente indagine a privilegiare, nella presentazione dei risultati, l'autoconsistenza alla completezza.

Esiste un terzo aspetto di cui tener conto, comune a tutte le ricerche di climatologia applicata: l'incertezza connessa alla scelta di una definita scala spazio-temporale. In altre parole, un risultato ineccepibile dal punto di vista della qualità delle fonti e del rigore metodologico potrebbe risultare vuoto per due opposti motivi, connessi ad una scelta sbagliata di griglia spazio-temporale. Infatti, una griglia troppo fine esalta il peso del "rumore di fondo" e porta ad

un risultato illeggibile, mentre una griglia a maglie troppo larghe cancella, insieme al rumore di fondo, aspetti significativi del fenomeno.

I risultati ottenuti nella ricerca di una correlazione tra andamento climatico e produttività agricola nella provincia di Bologna vengono presentati con un'ampia ed approfondita documentazione sulle fonti dei dati di produzione. Ciò consente una verifica obiettiva della validità e dei limiti della presente ricerca, e costituisce una prima base documentale per realizzare sul tema un'attività di indagine storico-scientifica non episodica.

3.1. Presentazione ed illustrazione delle fonti dei dati di produzione agricola per la Pianura Bolognese. Criteri di scelta per la determinazione di un campione utilizzabile in un modello di correlazione clima-produttività

La necessità di costruire un'attendibile serie sulla produzione frumentaria nel bolognese fra '800 e '900 ci ha portato a privilegiare, in un primo momento, le fonti statistiche ufficiali. Si pensava così di poter disporre di fonti omogenee per un lungo periodo o almeno per periodi sufficientemente ampi, se non altro per la provenienza.

Da un'indagine compiuta presso le biblioteche romane - ed in particolare in quella del Ministero dell'Agricoltura e dell' I.S.T.A.T. - è stata raccolta una serie di dati di produzione (ed in parte di produttività) su scala provinciale e regionale per gli anni 1870-1960. Si è tuttavia constatata la mancanza, anche per questo tipo di dati, di un processo di raccolta e di elaborazione omogeneo ed uguale nel tempo: variazioni di superficie, diversi metodi di rilevazione, diversi soggetti incaricati della raccolta e dell'elaborazione fanno sì che le statistiche compilate fino al 1926 dal Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio e in seguito dall'Istituto Centrale di Statistica, risultino, ad una attenza analisi, approssimative e non sempre corrette[1]. L'utilizzazione di questa fonte quindi, oltre a lasciare scoperto il periodo antecedente la formazione di un servizio statistico nazionale, deve essere subordinata ad una seria

verifica sulla base di dati indipendenti e possibilmente primari.

E' nata così la necessità di iniziare un lungo e paziente lavoro d'archivio sui libri fattoriali di singole aziende agricole del bolognese(2). In primo luogo si sono scartati i patrimoni privati in quanto sono alte, in questo caso, le probabilità di divisione dei beni tra eventuali eredi, così come il rischio di alienazione e ristrutturazione complessiva. Inoltre, si puòfacilmente verificare una dispersione della documentazione amministrativa prodotta. Si è dunque scelto di privilegiare i patrimoni delle "Opere Pie" in quanto, rispetto ai beni a cui si accennava in precedenza, danno maggior garanzie per quel che riguarda una continuità su lungo periodo di proprietà stabili, una gestione dettagliata ed omogenea, una più probabile conservazione archivistica della serie. Individuati gli enti di maggiore consistenza, attivi a Bologna nel periodo studiato, si è cercato di accedere all'Archivio dell'Opera Pia dei Poveri Vergognosi che risultava rispondere meglio ai requisiti sopraddetti, in particolare per la notevole estensione del patrimonio rurale. Essendo risultato impossibile prendere visione di questo materiale, la nostra attenzione è andata ai fondi disponibili nel locale Archivio di Stato. Si tratta di serie relative, per la maggior parte, ad enti la cui documentazione si è conservata per il periodo che va dalla Restaurazione all'inizio del nuovo secolo, a volte con gravi lacune.

Le fonti di cui ci siamo avvalsi per ricostruire la

produzione del frumento delle varie tenute agricole sono di diversa natura. In primo luogo, laddove ciò era possibile, abbiamo fatto riferimento ai "libri fattoriali", i più dettagliati nella descrizione. Seguono, in ordine di maggior numero di informazioni utili, i "mastri di campagna", i "libri campione", i "mastri" e i "giornali". Si tratta, in ogni caso, di documenti amministrativi che testimoniano la gestione dell'azienda.

In genere prevale una conduzione di tipo mezzadrile che prevede la classica ripartizione a metà di prodotti e utili ed infatti i conti relativi ai diversi poderi riportano, nel caso della produzione che ci interessa, il frumento, il dato della parte utile del raccolto(3) diviso a metà e il dato di semente. Quest'ultimo tuttavia viene a mancare in numerose occasioni ed è essenziale riuscire a ricostruirlo, sia per ottenere il dato di raccolto totale che per ricavare il prezioso indice di produttività. Quest'operazione, che richiede un lungo lavoro preliminare di "pulizia" ed omogeneizzazione dei dati, può essere spesso condotta a termine con un buon margine di sicurezza. Infatti, laddove abbiamo il dato di semente esplicito, va rilevata la sua stabilità nel tempo che supponiamo sussista anche quando questo viene ricostruito a partire da dati catastali, contratti colonici o intestazioni di mastri e giornali.

Un altro elemento si è rivelato essenziale nel lavoro svolto e cioè riuscire a ripercorrere le varie tappe che contraddistinguono la vita delle diverse aziende agrarie. Non in tutti i casi questo è stato possibile ma, laddove

inventari, intestazioni dei mastri, contratti colonici, catasti, descrizioni e mappe dei beni rustici dei vari enti ce lo hanno permesso, conoscere la storia dell'impresa considerata ci è servito a leggere meglio i dati numerici in nostro possesso. Infatti, svariati sono i motivi per cui di anno in anno può variare la composizione di un'azienda: affitto a terzi dei poderi; conversione da coltura asciutta ad umida; cambiamenti nell'amministrazione dell'ente proprietario (soprattutto in periodo napoleonico quando i governanti francesi riuniscono in un'unica Congregazione di Carità l'amministrazione dei beni degli enti ecclesiastici soppressi); variazioni nella conduzione del fondo e conseguente mancata rilevazione della quantità di frumento tenuta per la semina. Va infine tenuto presente che i libri fattoriali considerati non seguono un'impostazione standard e ancora una volta si rende necessario ricostruire la storia dei singoli fondi tenendo conto delle particolari vicende di ognuno di essi[(4)] e talvolta facendo lo spoglio dei conti di ciascun colono.

La ricerca compiuta ci ha permesso di raccogliere quasi 8.000 dati di produzione relativi a 145 poderi, divisi in 17 aziende; di questi abbiamo utilizzato nell'elaborazione il 45% circa (equivalente a circa 3.500 dati di produzione relativi a 89 poderi, divisi in 11 aziende).

I dati utilizzati rappresentano l'1% del raccolto medio presunto di frumento nella provincia di Bologna per il periodo in esame[(5)]. Non abbiamo potuto confrontare la superficie delle imprese utilizzate con l'estensione della superficie

investita a frumento della provincia per mancanza di dati, tuttavia la semente di ciascun podere costituisce un buon indice dell'ampiezza di terreno investito, oltre a permetterci di calcolarne il fattore di produttività. L'importanza di quest'ultimo dato risiede nella sua rappresentatività anche se ricavato su un numero relativamente basso di poderi, il che permette di utilizzare, mantenendo un buon margine di significatività, anche dati frammentari.

La distribuzione geografica del campione rilevato è stata deliberatamente limitata alla pianura (con l'unica eccezione di Mongiorgio), escludendo per due ragioni aziende poste sulle colline a sud della città. Infatti, dal punto di vista della produzione totale della Legazione prima, e della provincia poi, la collina pesa in misura poco rilevante. Dal punto di vista agro-meteorologico ci aspettiamo per la collina una maggiore complessità ed una più marcata rilevanza di microclimi locali.

Il passaggio dal campione rilevato a quello utilizzato ha mantenuto una buona diffusione dei poderi sul territorio della pianura bolognese. Va poi notato che gran parte delle "zone scoperte" a nord ed a nord-est della città erano occupate da paludi, o valli naturali, non coltivate o investite esclusivamente a coltura umida, anche se la situazione si va progressivamente modificando con la realizzazione di imponenti bonifiche. I poderi in "zone marginali", che pure sono presenti in varie aziende, soggetti ad alluvioni o a passaggi ad altre colture, sono anzi stati deliberatamente esclusi dal campione utilizzato per la mancanza della necessaria stabilità

sul lungo periodo.

L'obiettivo che ci proponevamo era di individuare, all'interno del campione ottenuto, una serie di aziende i cui dati di produzione e produttività, offrendo un certo numero di garanzie per un periodo sufficientemente lungo e a tutte comune, fossero utilizzabili all'interno del modello agro-meteorologico scelto. Il periodo che meglio rispondeva alle nostre esigenze è risultato quello dal 1823 al 1861 per svariate ragioni. Innanzitutto i grandi avvenimenti, sia nazionali che locali, non hanno influito in modo rilevante sulla struttura economico-sociale delle campagne bolognesi. Inoltre, non si cono verificati eventi "traumatici" (ad esempio, passaggi devastanti di truppe), tali da modificare la naturale dipendenza dei raccolti dall'andamento meteorologico. Possiamo, poi, ragionevolmente ritenere ininfluente a questa data l'evoluzione delle tecniche agrarie, sia per quel che riguarda la meccanizzazione che l'introduzione delle nuove sementi selezionate e dei concimi artificiali. Infine, l'amministrazione stabile di questi anni - in cui i vari enti riprendono la loro vita "normale" dopo gli accorpamenti francesi e il ritorno alla situazione precedente voluto dalla Restaurazione, e prima della nuova organizzazione imposta dallo Stato unitario - ci permette di avere concentrata in questo intervallo una mole cospicua di dati.

Fra i circa 150 poderi la cui produzione era già stata rilevata per questo periodo, si è operata un'ulteriore selezione (v. Appendice 3). Abbiamo cioè scartato i poderi

che (a causa di cessioni, affitti, cambiamenti di conduzione, ecc.) non offrissero una serie sufficientemente lunga e/o continua per il periodo prescelto. Analogamente scartati: quanti presentassero incertezze sulla semente, con conseguente minore attendibilità del dato, sia di produzione che di produttività; i poderi che abbiano subito vicende travagliate come scorpori, mutamenti di estensione di qualunque genere; i terreni soggetti ad alluvioni o confinanti con estensioni vallive, messe a coltura asciutta più o meno saltuariamente; i poderi di piccola e piccolissima estensione, troppo sensibili a vicende contingenti o anche soltanto al normale avvicendarsi delle rotazioni. Rimane un campione, chiaramente ridotto (89 poderi), ma composto esclusivamente di appezzamenti grandi e medio-grandi, le cui produzioni e produttività sono attendibili, continue e non viziate da vicende estranee all'andamento meteorologico.

E' ora necessario caratterizzare climaticamente l'area su cui è stato individuato il campione. In particolare, si deve dimostrare la significatività, per tale area, dei dati di temperatura e precipitazioni, rilevati dalla Specola di Bologna.

L'omogeneità in temperature viene generalmente assunta per l'intera Pianura Padana(6). Tale omogeneità, ovviamente, va intesa in senso relativo, rispetto agli effetti sul dato di produzione del frumento. Non altrettanto si può dire del dato di precipitazione. Anche in questo caso, è comunque possibile individuare (v. Appendice 3A) un'area a isoiete stabili, nel periodo considerato. Tale area coincide, sostanzialmente, con

quella che ospita il campione scelto.

Infine, considerando la mappa di urbanizzazione di Bologna in una data posteriore al periodo indagato (v. Appendice 3A), è facile riconoscere che il dato climatico "letto" all'Osservatorio è ragionevolmente rappresentativo del dato della pianura circostante, per la particolare collocazione dell'Osservatorio medesimo.

3.2. Presentazione ed illustrazione del campione di dati di produttività

Nel rimandare all'Appendice 3B per una schedatura completa del materiale in considerazione, vorremmo brevemente addentrarci nelle vicende particolari delle aziende di cui abbiamo utilizzato i dati, in modo da fornire un quadro sufficientemente chiaro di ciò che le caratterizza.

Una ventina di poderi, tra quelli successivamente elaborati, fanno parte di aziende di proprietà dell'Ospedale Maggiore. Questo nasce nei primissimi anni del XIX secolo, quando i francesi tentarono una riorganizzazione dell'assistenza pubblica in città. Venne così costituito un Grande Ospedale (poi detto Maggiore) unendo i due antichi ospedali di S. Maria della Vita e S. Maria della Morte, con la confluenza anche di enti più modesti, come le confraternite e gli ospedali di S. Maria delle Laudi, S. Maria del Servi e SS. Trinità. L'amministrazione viene mantenuta unita anche dopo la Restaurazione, fino al 1860. In questa data, con un decreto di Farini, il Maggiore fu unito ad un altro grande ente, il S. Orsola (o meglio, alla parte ospedaliera di quest'ultimo, dopo lo scorporo degli orfanatrofi) per costituire un Corpo Amministrativo Centrale degli Ospedali di Bologna(7).

L'Ospedale possedeva aziende o terreni sparsi per tutto il bolognese; delle sette di cui si sono ritrovati i libri contabili (v. Appendice 3B) solo quattro forniscono serie che rispondono ai criteri esposti precendemente: le imprese di

Budrio, Calcara, Medicina e Viadagola. Già i nomi forniscono un'idea della dislocazione dei terreni che (con l'eccezione dei quattro di Viadagola, posti nei pressi del paese e fra loro vicini) sono largamente sparpagliati sul territorio, costituendo "aziende" dal punto di vista amministrativo, ma senza nessuna contiguità geografica. Non sempre sono rintracciabili informazioni precise sui singoli fondi attraverso i libri contabili; tuttavia siamo in grado, nella maggior parte dei casi, di fornire estensioni, località e spesso mappe che consentono una precisa identificazione del podere in questione.

Il gruppo più cospicuo di terreni appartiene ai beni dell'Ospedale dei Santi Pietro e Procolo, detto degli Innocenti, e degli Esposti, o dei Bastardini, chiaramente rivolto all'assistenza non tanto dei malati, quanto dell'infanzia abbandonata. L'amministrazione dell'orfanatrofio - fin dal '500 mista, laici ed ecclesiastici - resta indipendente a lungo, praticamente fino al cosiddetto decreto Farini del 1860 che lo fa confluire nel Corpo Amministrativo Centrale degli Ospedali di Bologna.

Le tenute utilizzate sono quelle di Crevalcore, Mongiorgio, Piumazzo, S. Lazzaro e Tombe. Mongiorgio, a causa della sua collocazione, è detto anche "impresa di montagna". Tombe è un toponimo di località minore nei pressi di Anzola, mentre Crevalcore, Piumazzo e S. Lazzaro sono più facilmente identificabili. Anche in questo caso, comunque, i fondi non costituiscono grosse tenute unitarie, e la loro storia deve essere seguita attraverso note e commenti intercalati alle

notizie amministrative. Non abbiamo purtroppo dati sull'estensione dei poderi, né mappe da cui ricavare sia l'estensione stessa che l'esatta collocazione nel territorio, ma al primo dato possiamo in qualche modo supplire (per la sola area investita a frumento) con i dati di semente, tanto "catastali", quanto "effettivi"[8].

Una delle serie meglio documentate è quella relativa ai beni del Conservatorio di S. Maria del Baraccano. Scopo di questo ente era assistere, educare e dotare fanciulle povere e orfane che per la loro bellezza si trovassero in pericolo "per l'onore". Rigida la selezione: le famiglie d'origine dovevano essere bolognesi e di condizione non infima. La dote, assegnata alle assistite al momento del matrimonio o della monacazione e variamente vincolata, era costituita dai frutti dei lasciti testamentari e dai guadagni del lavoro da esse svolto nell'ambito del conservatorio. Passato, in periodo napoleonico, sotto l'amministrazione della Congregazione di Carità, il Baraccano torna autonomo con la Restaurazione per confluire poi nei Pii Istituti Educativi al momento della loro istituzione, nel 1864.

I diciotto poderi su cui si è lavorato si concentrano in tre zone della pianura - Viadagola, i Casoni e Venezzano - e sono fra loro confinanti all'interno di ciascun gruppo zonale. Questo comporta una maggiore possibilità di risistemazioni e nuove divisioni dei terreni contigui, ma non altera il profilo complessivo dell'azienda. Ricche le fonti in questione che ci forniscono in più riprese estensioni e località, nonché mappe dettagliate di ogni singolo

appezzamento datate 1780. Inoltre, non di rado abbiamo, caso unico per la nostra esperienza, il dato del raccolto totale oltre a quello di parte dominicale e a quello di semente.

L'ultimo gruppo di poderi utilizzati appartiene al patrimonio dell'Orfanatrofio di S. Bartolomeo e S. Maria Maddalena uniti. Come si evince dal nome stesso, si tratta di un ente nato dalla fusione di due orfanatrofi preesistenti (1816), dedito al mantenimento e all'istruzione degli orfani, il quale confluirà in seguito nell'amministrazione dei Pii Istituti Educativi (1864).

Abbiamo scelto solo la metà circa dei terreni che compongono l'azienda, sparsa in modo non uniforme sul territorio. Scarse sono le informazioni dirette sulle superfici, ma ancora una volta il dato di semente ci aiuta ad individuare la grandezza del podere, in genere medio-piccola. La mancanza di mappe non ci permette di avere l'esatta collocazione di ogni singola possessione o luogo.

1) Sull' "attendibilità" delle statistiche fornite dal Ministero dell'Agricoltura, Industria e Commercio, oltre all'analisi interna della serie, si confronti la letteratura esistente, in particolare il recente saggio di G. FEDERICO "Per una valutazione critica delle statistiche della produzione agricola italiana dopo l'Unità (1860-1913)" in "Società e storia", a. V (1982), n. 15, pp. 87-130.

2) Va segnalata a questo proposito la mancanza sia di serie statistiche di facile accesso (per esempio, dazi, introduzione dei grani), che di studi specifici, ad eccezione dei lavori di: C. ROTELLI "Rendimenti e produzione agricola nell'Imolese dal XVI al XIX secolo" in "Rivista storica italiana", vol. LXXX, fasc. I, marzo 1968. R. FINZI-E. BAIADA "L'affermazione del mais nelle campagne bolognesi: un mutamento del regime alimentare?" in "Popolazione ed economia dei territori bolognesi durante il Settecento", Bologna 1985, Atti III Colloquio, Bologna gennaio 1983.

3) Dal raccolto veniva prelevata la semente, quindi il rimanente (parte utile) era diviso a metà fra proprietà e colono (parte dominicale e parte rusticale). Per ricostruire il raccolto totale è necessario raddoppiare la parte dominicale e sommare la semente.

4) Ad esempio, la procedura di conteggio varia sensibilmente nel caso in cui cessi la conduzione a mezzadria e il fondo venga spezzettato e lavorato da braccianti.

5) La somma delle produzioni medie annuali delle 11 aziende utilizzate ammonta a 7.885 corbe (una corba = 78,6448 l.); la produzione media annuale sul periodo 1819-1853, stimato dalle denunce dei comuni della provincia, ammonta a circa 789.000 corbe (dati riportati da P. PREDIERI in "Il propagatore agricola", anno III, 1853, p. 320).

6) Si vedano, a tale proposito, le analisi presentate in GALLIANI-FILIPPINI, 1984. Per una caratterizzazione dell'area Padana su scala europea, vedi anche GØOSSENS, 1985.

7) Per questi come per i seguenti cenni storici generali sull'ente proprietario cfr. AA.VV. "Gli archivi delle Istituzioni di carità e assistenza attive in Bologna nel Medioevo e nell'Età Moderna", Bologna 1984, vol. I. Atti IV Colloquio "Forme e soggetti dell'intervento assistenziale in una città d'antico regime", Bologna gennaio 1984.

8) Spesso l'estensione o il valore del terreno vengono indicati, anche su documenti ufficiali, con la quantità di frumento che è possibile seminarvi. In genere la discrepanza tra i due dati, catastali ed effettivi, è minima.

4. PRESENTAZIONE DEL MODELLO DI CORRELAZIONE TRA ANDAMENTO CLIMATICO E PRODUTTIVITO AGRICOLA

Nella presente ricerca, l'indagine sulla correlazione tra andamento climatico e produttività agricola, può avere diversi obiettivi, non tutti distinti, e non tutti ben definiti. Se ne possono indicare almeno tre, sufficientemente chiari, collocati a differenti livelli di difficoltà.

Il primo che occupa gran parte del presente capitolo, cerca di dare risposta al problema se i modelli "Crop Weather", modelli di interazione tra colture e tempo atmosferico, possono essere applicati anche nell'ambito di una ricostruzione storica di tale legame.

Un secondo obiettivo riguarda lo studio degli anni "eccezionali". Il problema specifico è se il modello possa aiutare a distinguere gli effetti climatici da altri effetti, in situazioni di eccellenza o di carestia.

Il terzo obiettivo, presentemente del tutto irrangiungibile, è di arrivare a "leggere" i dati di produzione come "proxy data" climatici. Si tratterebbe, in sostanza, di invertire l'applicazione del modello, ricavando il dato di temperatura e precipitazione del dato di produzione, ovviamente utilizzando informazioni relative a più di una coltura.

4.1. Considerazioni generali sui modelli "Crop Weather"

Nella letteratura agrometeorologica le tecniche di stima e previsione dei raccolti vengono indicate nel loro insieme con l'espressione "Crop-Weather Models", cioè a dire "modelli di interazione tra colture e tempo atmosferico".

I modelli vengono classificati in tre grandi gruppi. Del primo fanno parte i modelli di simulazione della crescita. Si tratta di veri e propri strumenti di ricerca nel comportamento dei sistemi biologici. In genere l'insieme dei processi fisiologici, fisici e chimici alla base della crescita della pianta viene schematizzato in modo che descrivendo le condizioni meteorologiche e ambientali intorno alla coltura il modello sia in grado di simularne la risposta. I tassi orari di accumulazione di sostanza secca o di traspirazione così calcolati devono essere confrontati con rilevazioni in campo in maniera da verificare l'attendibilità del modello.

Il secondo gruppo è costituito dai modelli di analisi. Questi, al contrario dei primi, non necessitano di ipotesi preliminari sul processo di base ambiente-pianta. Il prototipo dei modelli di analisi descrive con notevole precisione la comparsa delle fasi fenologiche nel corso dello sviluppo del frumento. A questo scopo viene presentato il concetto di "tempo biometeorologico": si tratta di una grandezza normalizzata in maniera che ad un suo incremento unitario corrisponda la comparsa di una nuova fase fenologica. Gli incrementi giornalieri del tempo biometeorologico vengono calcolati a partire dal prodotto di tre funzioni quadratiche

delle temperature massima e minima giornaliera e del fotoperiodo, i cui coefficienti sono determinati per via statistica.

Esistono infine i modelli empirico-statistici nei quali l'ammontare della resa unitaria viene stimato a partire da analisi di regressione su una o più variabili (meteorologiche, caratteristiche del suolo, tempo).

Il modello utilizzato nella presente ricerca è di quest'ultimo tipo. Nelle sezioni successive verrà presentata in dettaglio la motivazione, o piuttosto la necessità di una scelta di tale tipo per indagini su periodi storici.

4.2. Motivazione della scelta operata per il modello statistico

L'ipotesi di lavoro preliminare alla trattazione qui di seguito esposta è l'importanza determinante del clima nella determinazione della produttività agricola, in assenza o scarsa rilevanza di eventi storici o mutamenti economici e sociali.

Un convincente argomento a sostegno di tale ipotesi si può ricavare dall'analisi di FIG. 4.I e FIG. 4.II.

In FIG. 4.I è riportato il diagramma temporale, per il XVIII secolo, relativo all'introduzione del grano terriero nella provincia di Bologna. Numerosi ed approfonditi studi storici consentono di assumere un legame abbastanza stabile, almeno per il periodo considerato, tra questo dato e la produzione totale. Con l'ulteriore plausibile assunto di una stabilità delle superficie coltivata a frumento nella provincia di Bologna, tale diagramma diviene rappresentativo, tramite semplici fattori di scale, della produttività agricola per tale area e per l'intervallo di tempo considerato.

In FIG. 4.II è dato il diagramma temporale per il XVIII secolo relativo alla produttività della provincia di Imola (sempre per il frumento). L'evidente similitarità delle due curve offre un forte argomento per sostenere che l'andamento climatico, abbastanza simile per la prossimità della provincia di Imola, ha determinato andamenti simili della produttività.

Accettata questa ipotesi di lavoro, resta il problema, discusso in nota, di quali parametri climatici scegliere per

esprimere la variazione climatica(1).

Si deve comunque osservare che, al presente, è sì possibile impostare il problema e suggerire possibili sviluppi, paralleli o complementari del tema indagato, ma, in nessun modo, avere prescrizioni di metodo univoche e generali. La scelta metodologica fatta nella presente ricerca, modello di correlazione (regressione lineare) empirico-statistico è stata totalmente condizionata dal tipo di dati disponibili. Le temperature e le precipitazioni, parametri sufficienti per un'elaborazione empirico-statistica, consentono un approccio quantitativo al problema, con risultati interessanti, se non completamente soddisfacenti. L'esistenza di un precedente esprimento statistico su questo problema, con il medesimo tipo di coltura, condotto sull'intera zona Padano-Veneta ha fornito alla presente ricerca un prezioso riscontro ed un utilissimo orientamento metodologico (MARLETTO, 1983).

Nella tesi di laurea di V. MARLETTO (relatore il prof. E. Rosini) "Studio quantitativo dei rapporti tra variabilità climatica e produttività agricola" viene presentato un lavoro originale riguardante la coltura del frumento tenero nella valle Padana, sviluppato sullo schema dei modelli empirico-statistici.

Si tratta di una elaborazione statistica che, grazie ai metodi dell'analisi di regressione, tende a mettere in rilievo il legame esistente tra la resa finale della coltura e la variabilità climatica. Quest'ultima va intesa come dispersione dei valori mensili o annuali delle variabili meteorologiche attorno ai valori medi di lungo periodo (per es. 30 anni).

Sigla	Periodo	Fase fenologica
PSM	Precedente la semina (media di agosto e settembre)	-
OTT	Ottobre	Germinazione e Accestinamento
INV	Inverno (media dei mesi da novembre a febbraio)	Quiescenza
MAR	Marzo	Accestimento e
APR	Aprile	Levata
MAG	Maggio	Fioritura e Maturazione
GIU	Giugno	Maturazione piena

Nella presente ricerca alla resa aggregata viene sostituita la produttività, definita come rapporto tra produzione totale ottenuta e semente utilizzata. Come noto, si tratta di indicatori colturali equivalenti.

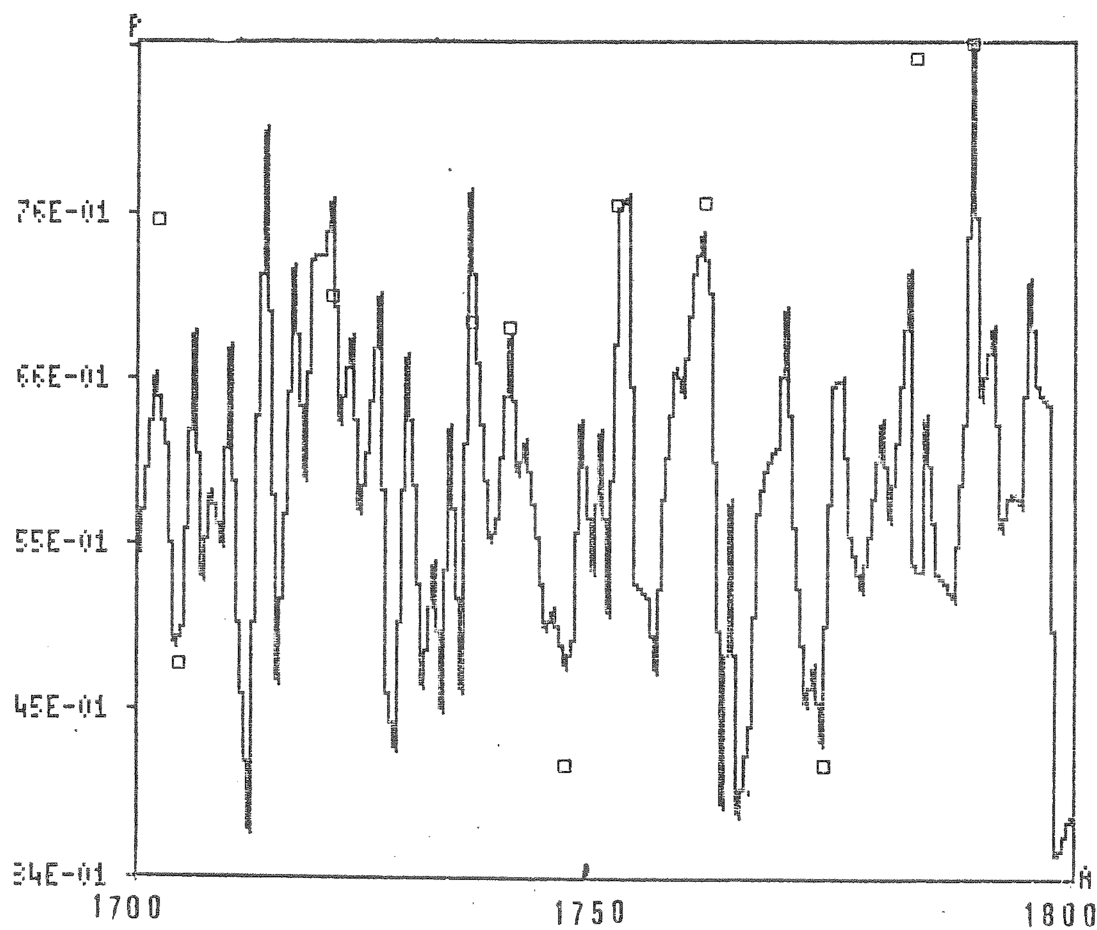


FIG. 4.I □ dato di introduzione del grano terriero (valutato nel grafico con opportuno fattore di scala per consentire il confronto di Imola)

—— la curva a tratto continuo rappresenta la produttività della provincia di Imola nel periodo considerato.

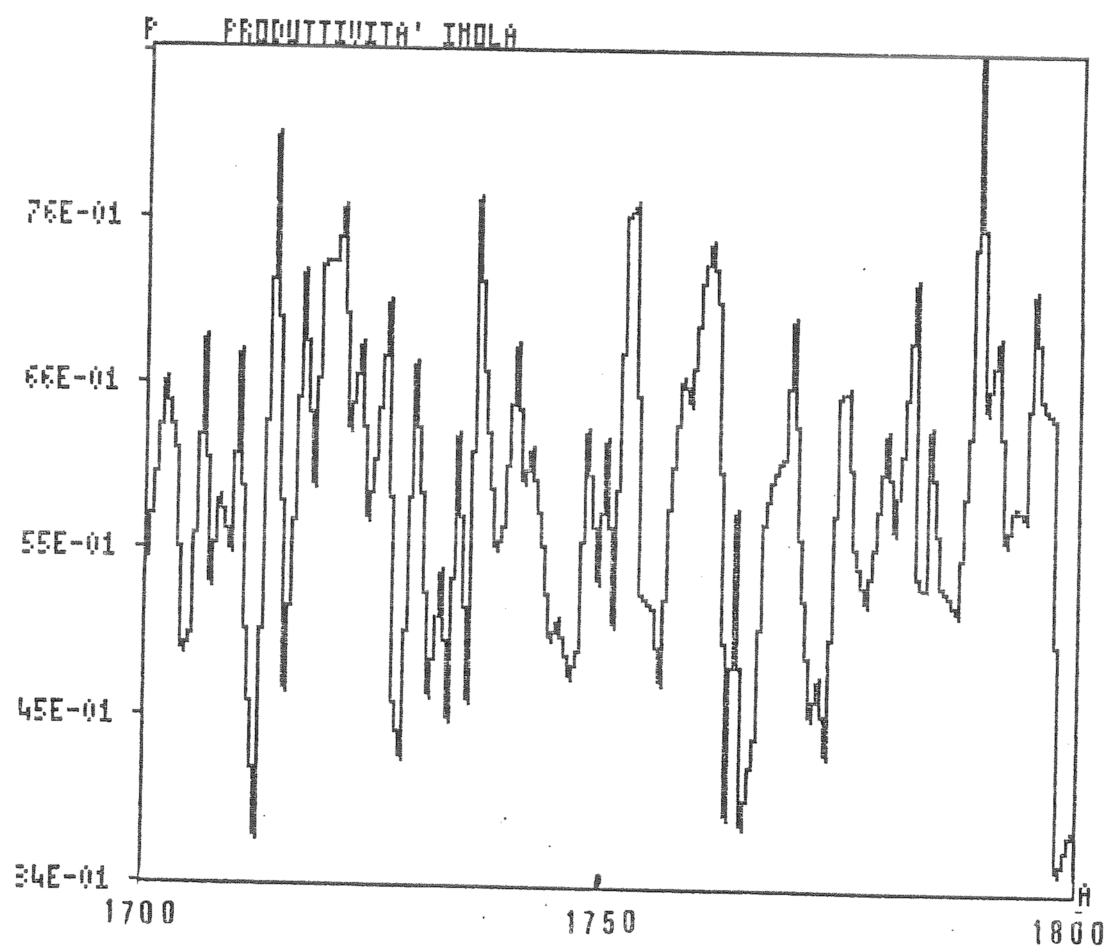


FIG. 4.II Andamento della produttività nella Provincia di Imola nel XVIII secolo

4.3. Applicazione del modello e presentazione dei risultati

Le caratteristiche delle aziende utilizzate per l'applicazione del modello di correlazione vengono richiamate sinteticamente nella seguente tabella.

FATTORI UTILIZZATI NELL'ELABORAZIONE DEI DATI

nome azienda	poderi n.tot.	n. utiliz.	superficie considerata	periodo considerato	fattore di rendimento
BARACCANO	20	18	1462.63.54	1823-1861	8.0
S.BARTOLOMEO	13	7		1823-1861	9.1
CREVALCORE	2	2		1831-1861	6.1
MONGIORGIO	8	8		1824-1858	3.6
PIUMAZZO	23	20		1833-1861	6.1
S.LAZZARO	17	10		1824-1861	7.7
TOMBE	5	5		1824-1861	6.7
BUDRIO	20	7		1823-1861	8.1
CALCARA	19	7	480.111.78*	1823-1853	5.2
MEDICINA	14	1	160.49.56	1823-1861	7.1
VIADAGOLA	4	4	349.129.12	1823-1861	8.2

* Questo dato riguarda 5 poderi sui 7 utilizzati.

La tabella illustra la struttura del campione utile, analizzato per azienda. La prima colonna riporta il nome dell'azienda, la seconda il numero dei poderi per i quali abbiamo tarato la produzione del frumento (vedi Appendice 3B); la terza il numero di poderi inclusi nel campione utile, la quarta la superficie dell'azienda, ove nota, in tornature (vedi Appendice 3B); le ultime due rispettivamente il periodo

utilizzato ed il fattore di rendimento medio.

Nelle figure seguenti sono riportate le curve di produttività normalizzata delle undici aziende indicate in tabella, più quelle di CADRIANA, grosso podere dell'azienda BARACCANO, ed IMOLA, dato interessante perché di provincia viciniore (vedi anche Appendice 3C).

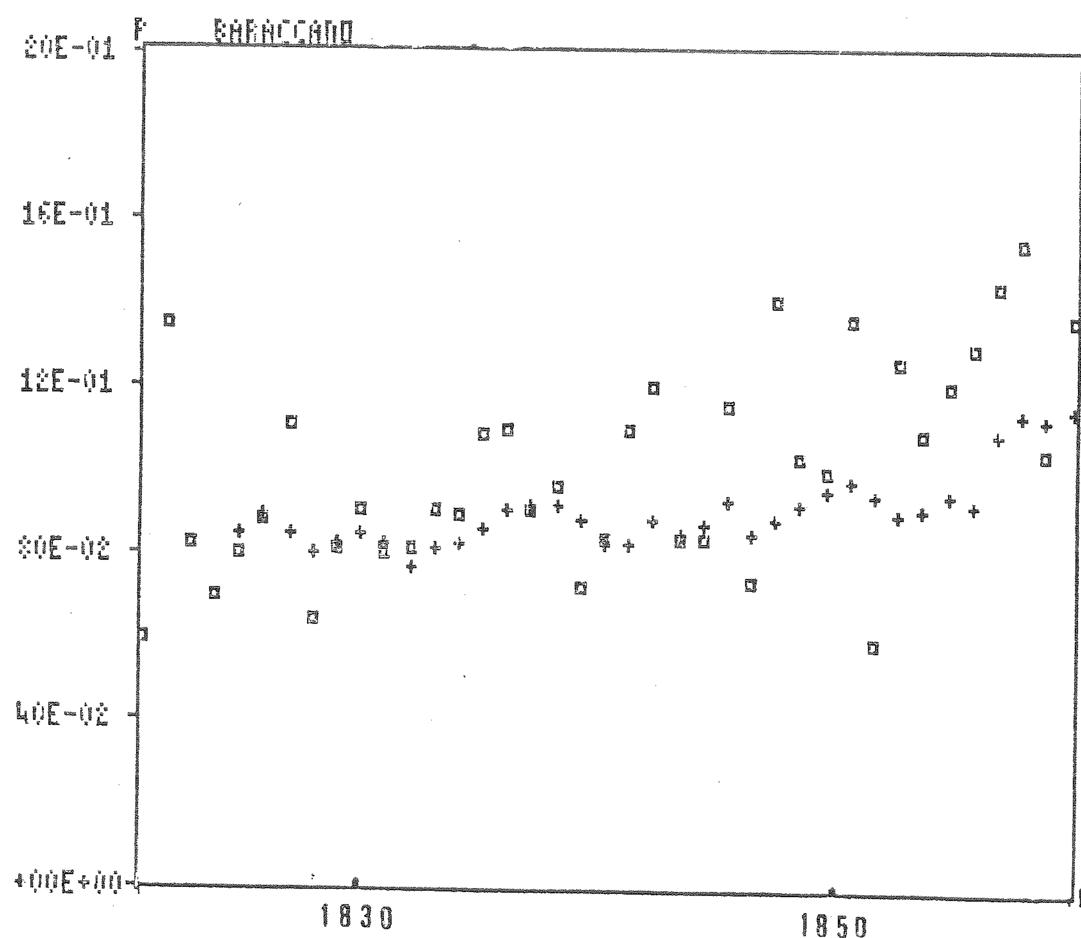


FIG. 4.III Andamento della produttività normalizzata di BARACCANO (□ dato reale; + dato filtrato)

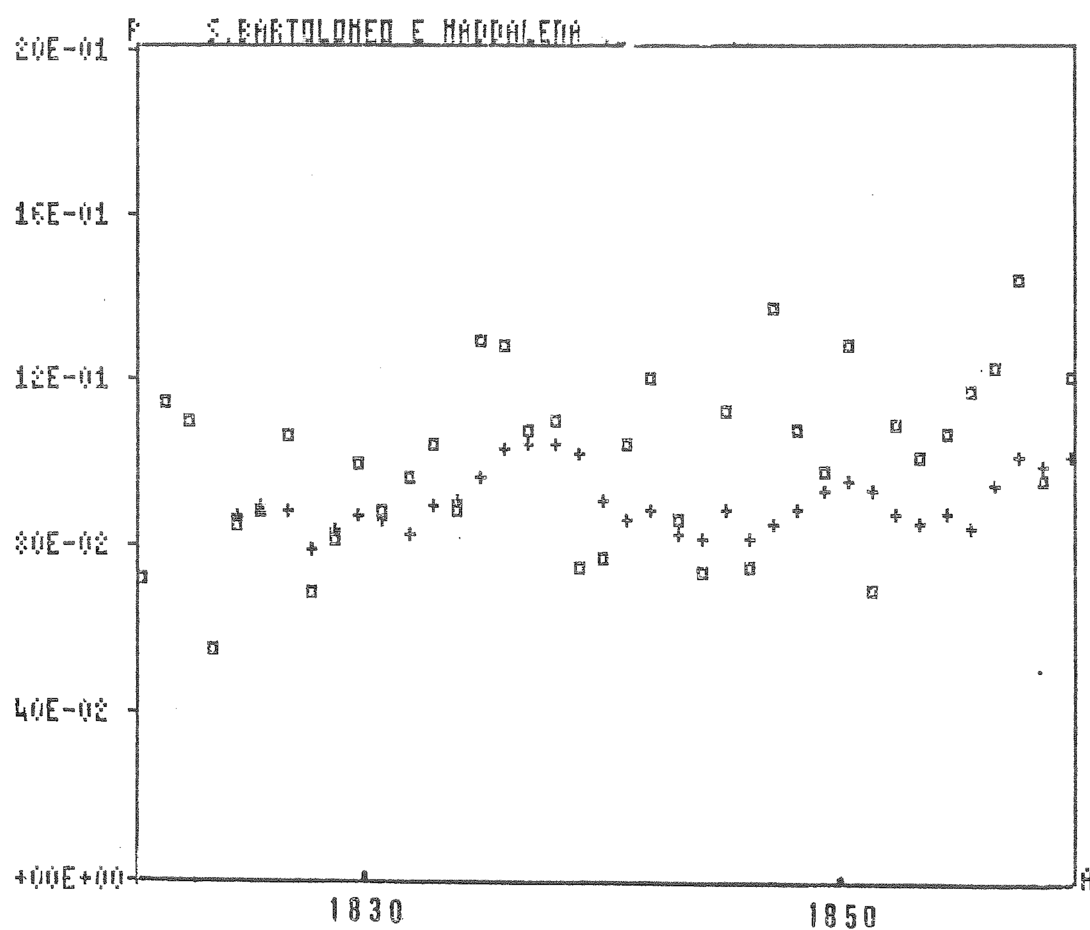


Fig. 4.IV Andamento della produttività normalizzata di S. BARTOLOMEO

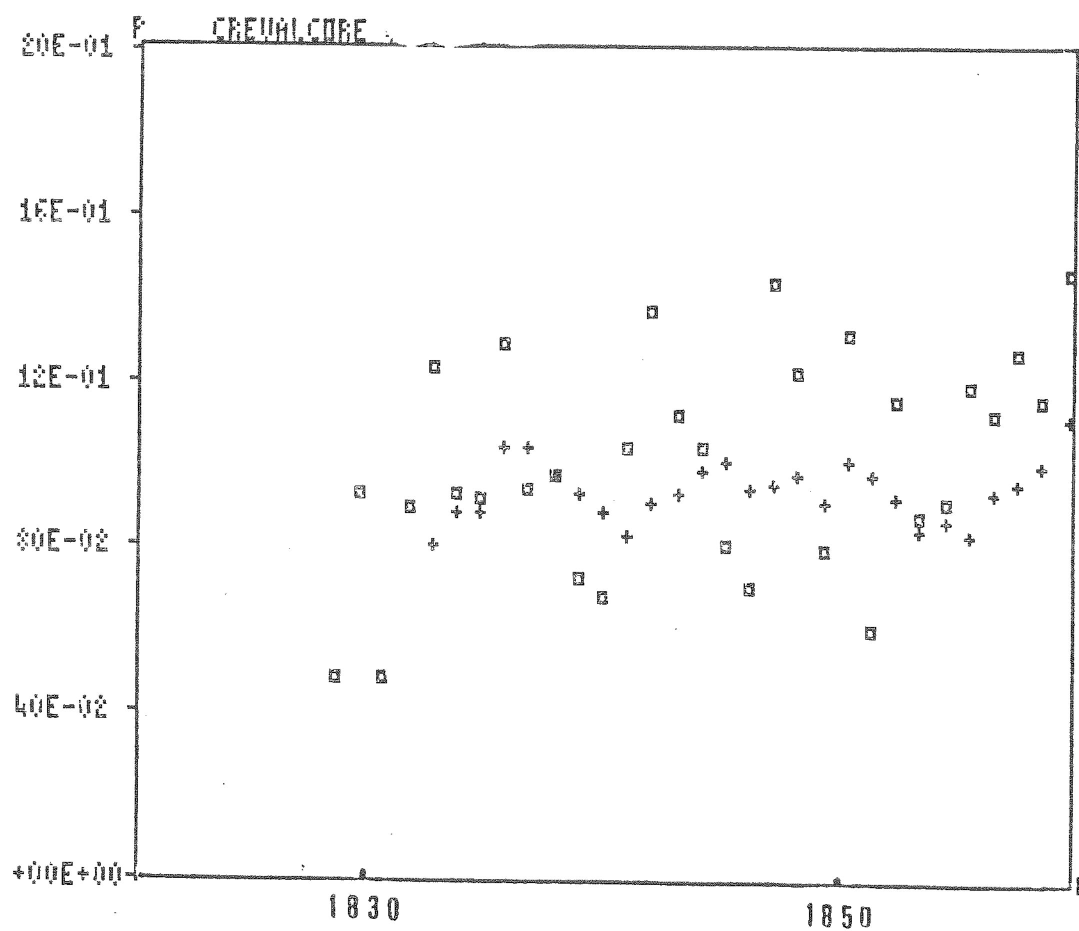


FIG. 4.V Andamento della produttività normalizzata di CREVALCORE

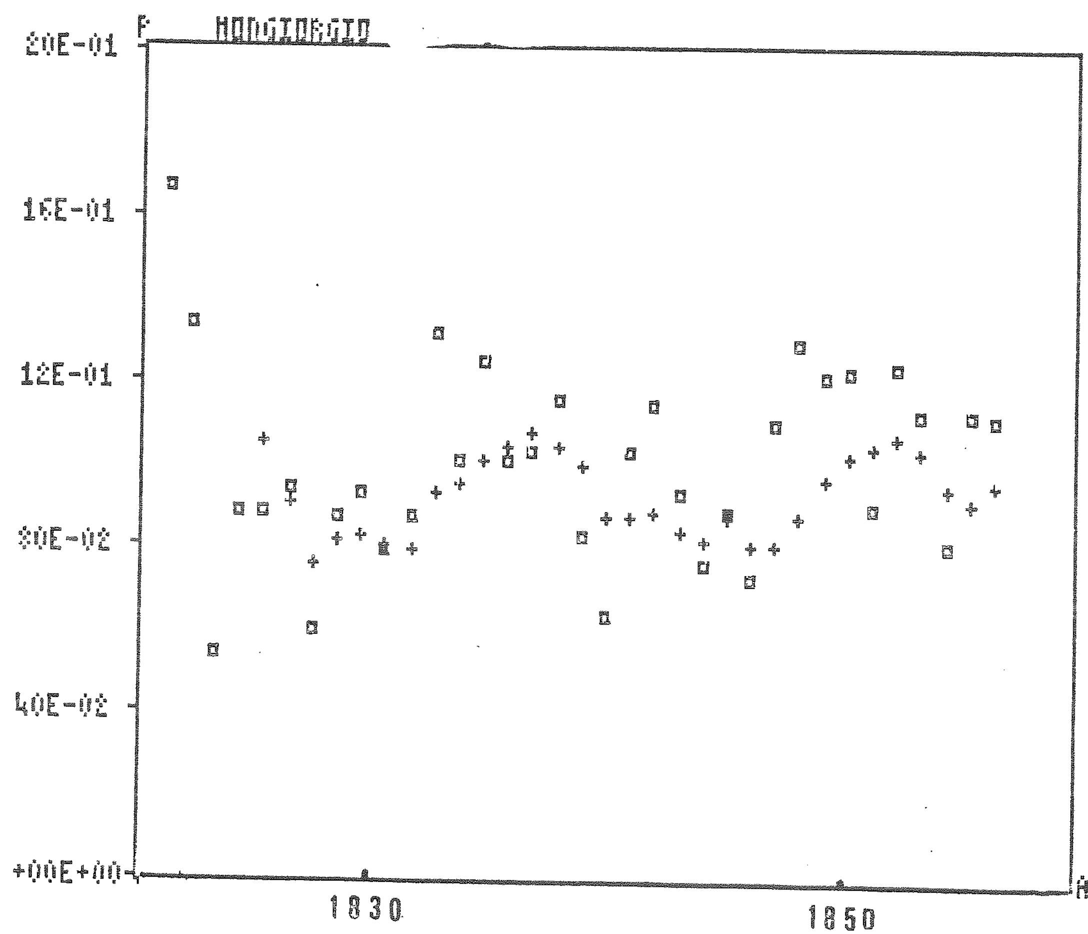


FIG. 4.VI Andamento della produttività normalizzata di MON-GIORGIO

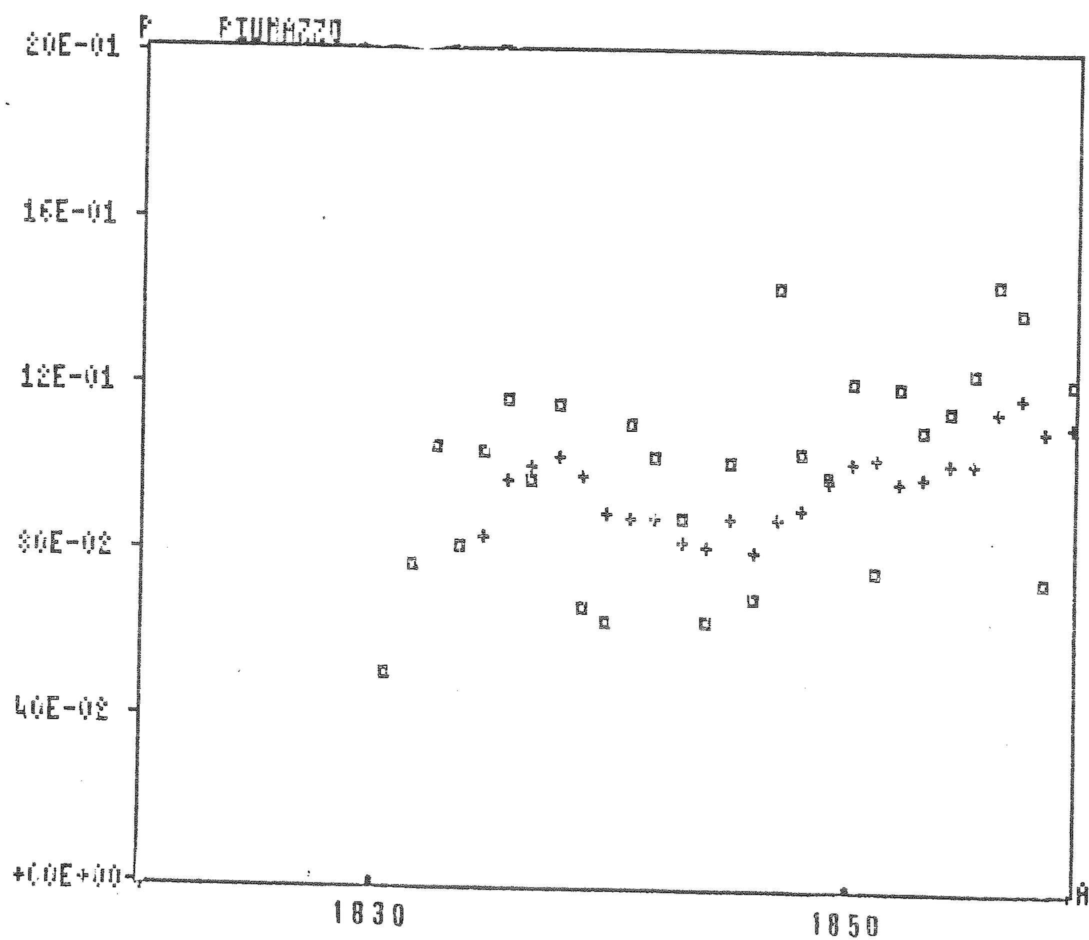


FIG. 4.VII Andamento della produttività normalizzata di PIU-
MAZZO

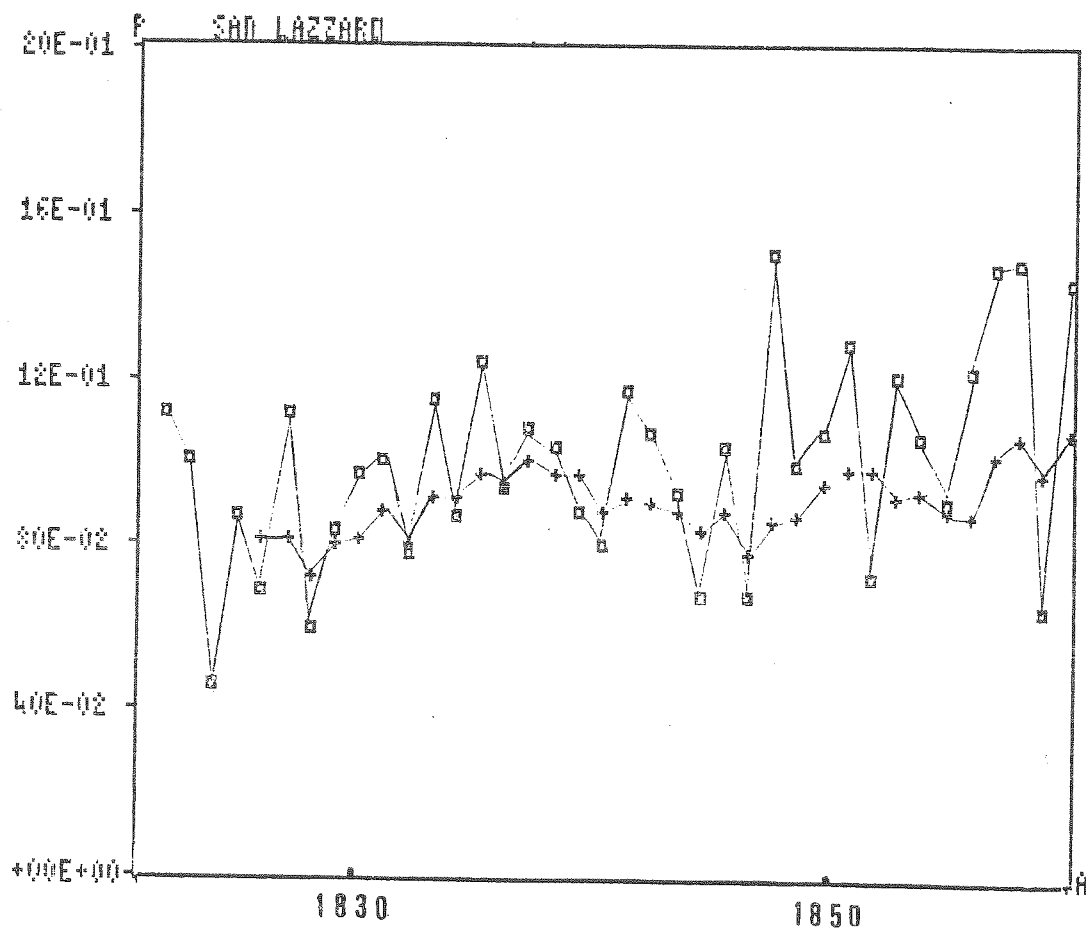


FIG. 4.VIII Andamento della produttività normalizzata di S. LAZZARO

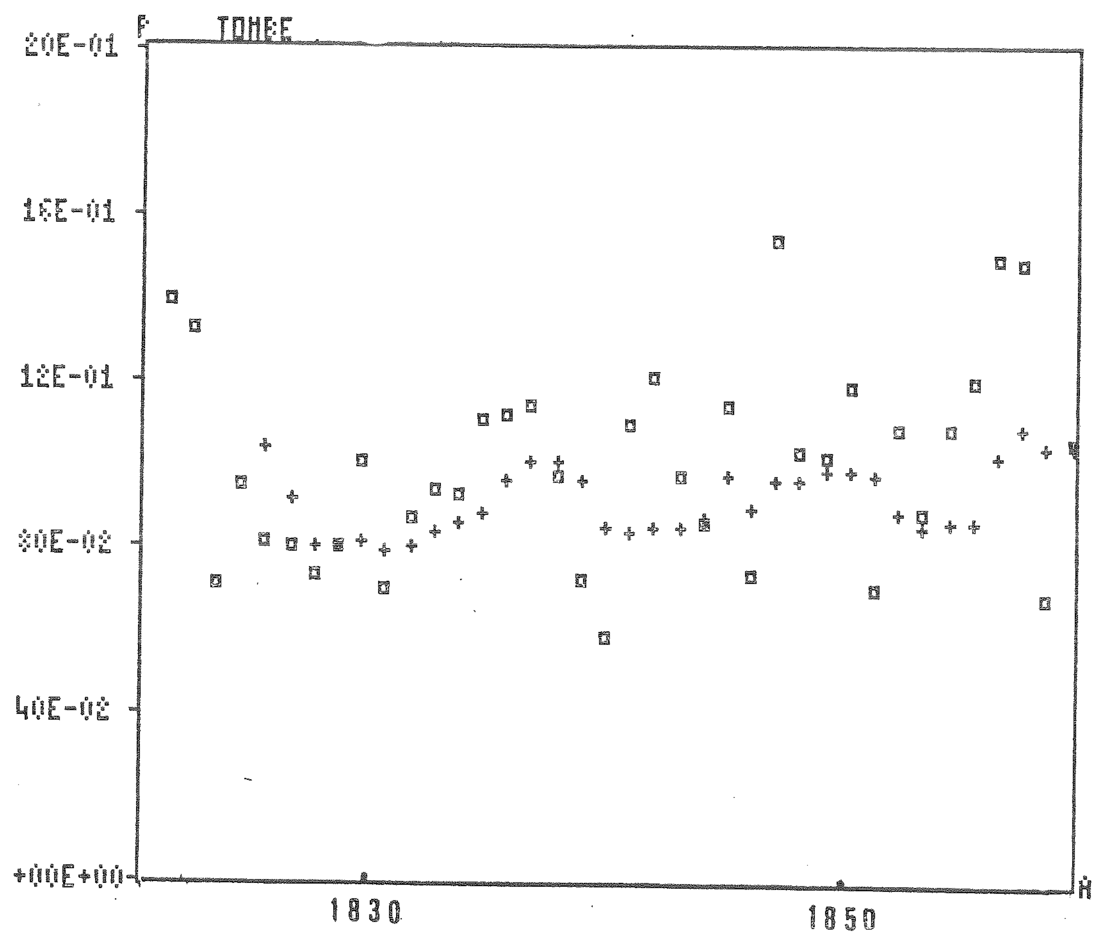


FIG. 4.IX Andamento della produttività normalizzata di TOMBE

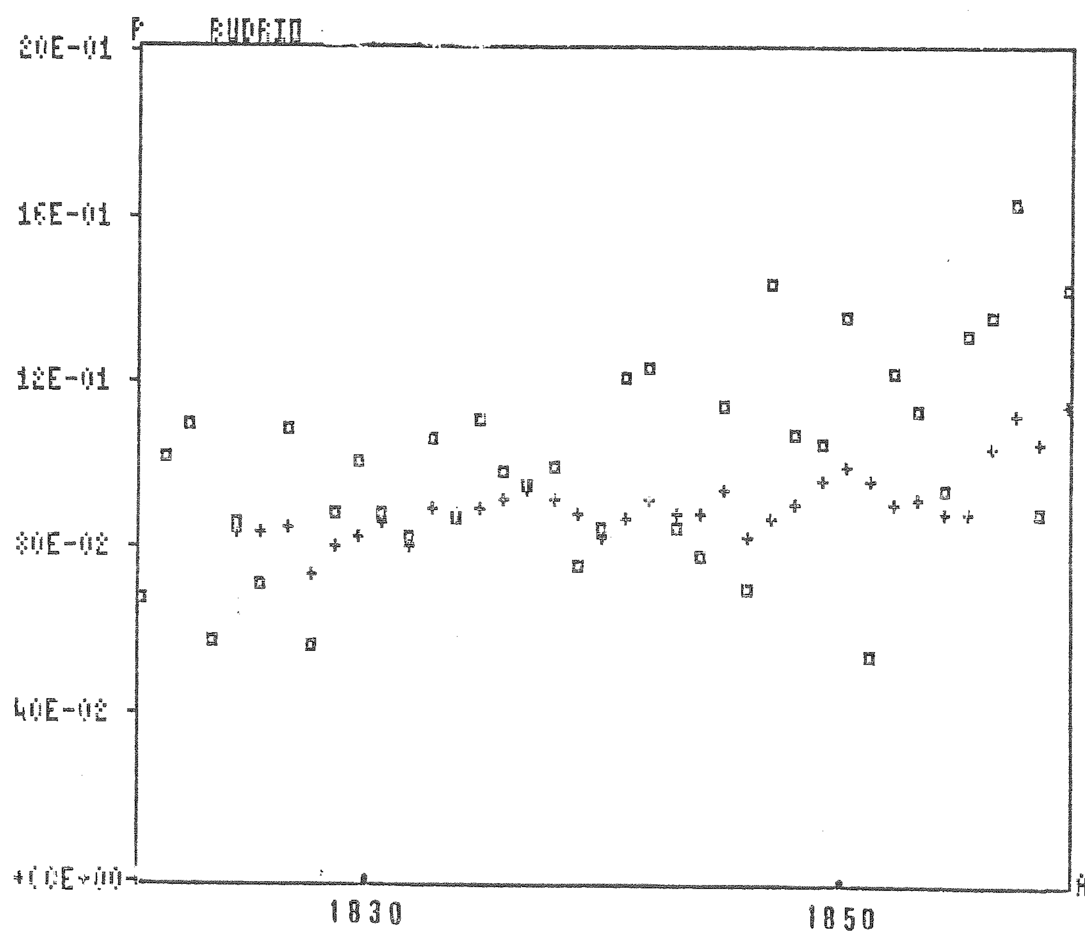


FIG. 4.X Andamento della produttività normalizzata di BUDRIO

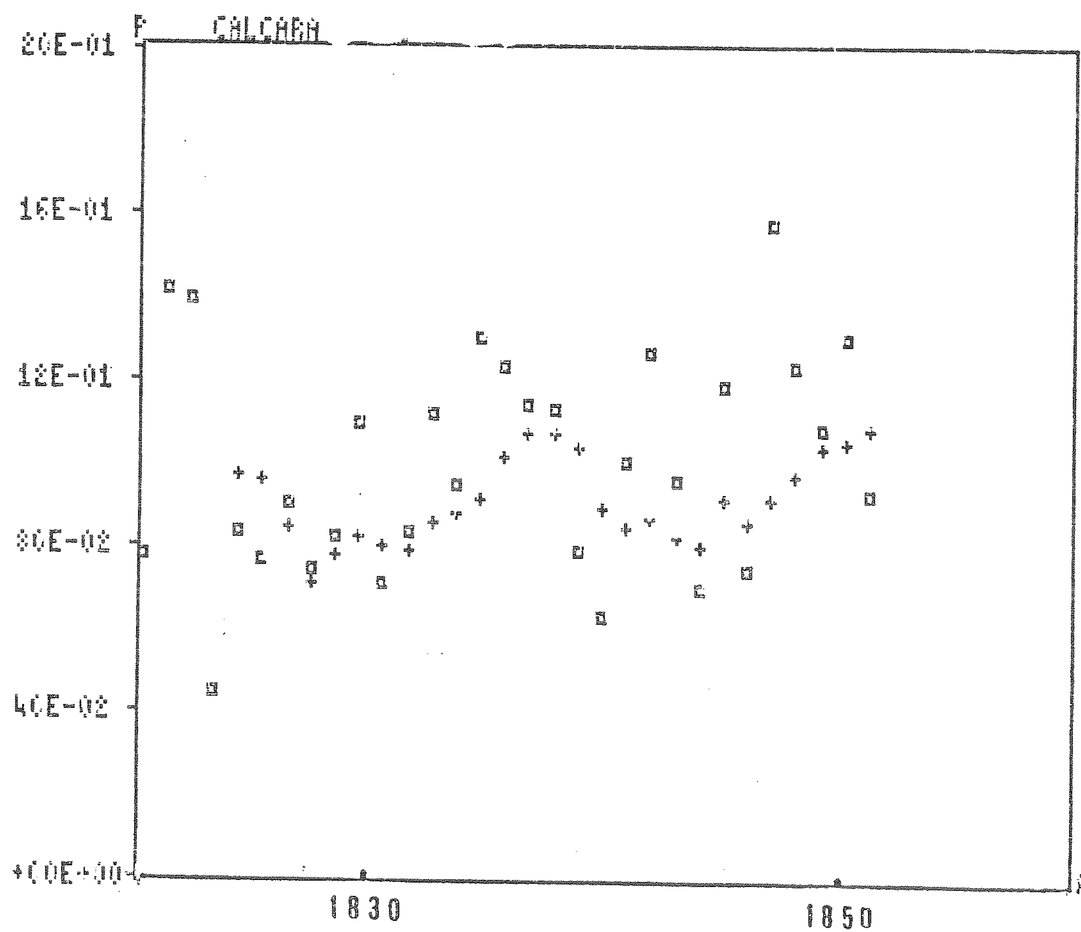


FIG. 4.XI Andamento della produttività normalizzata di CALCARA

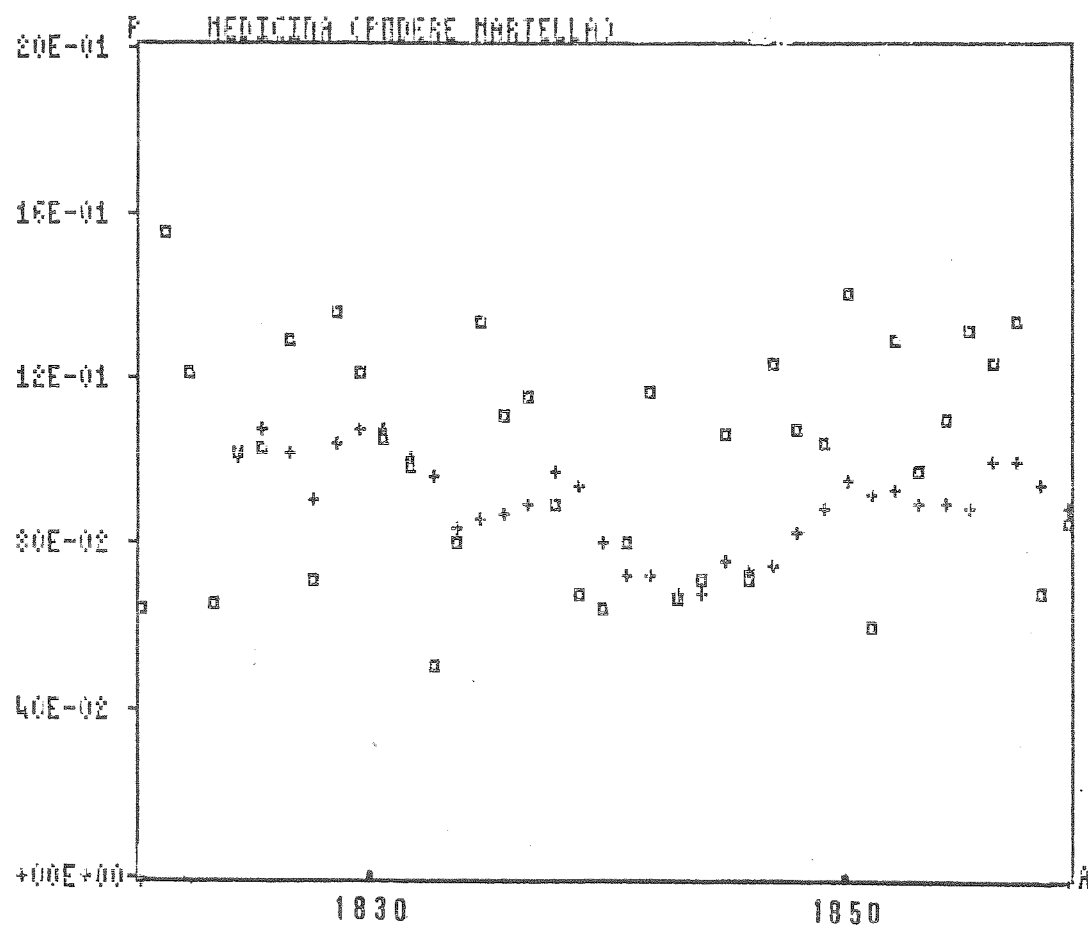


FIG. 4.XII Andamento della produttività normalizzata di MEDICINA

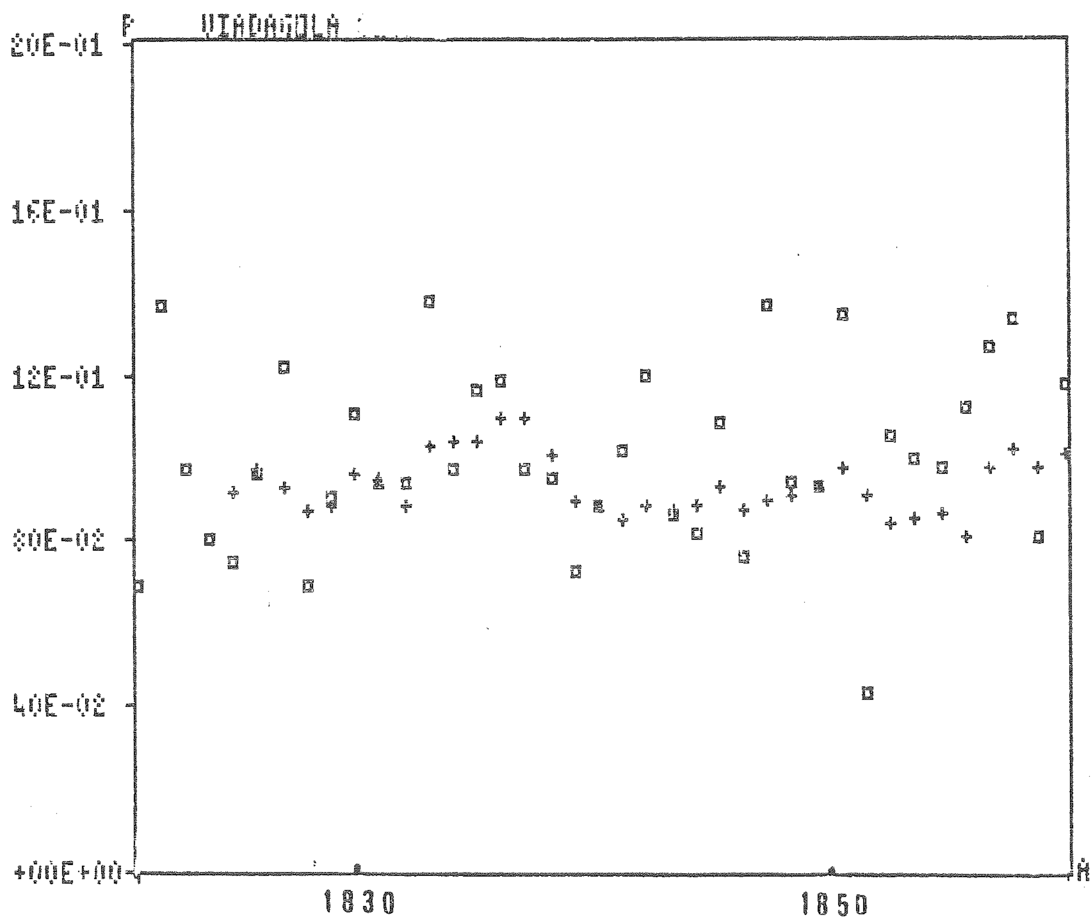


FIG. 4.XIII Andamento della produttività normalizzata di VIA-DAGOLA

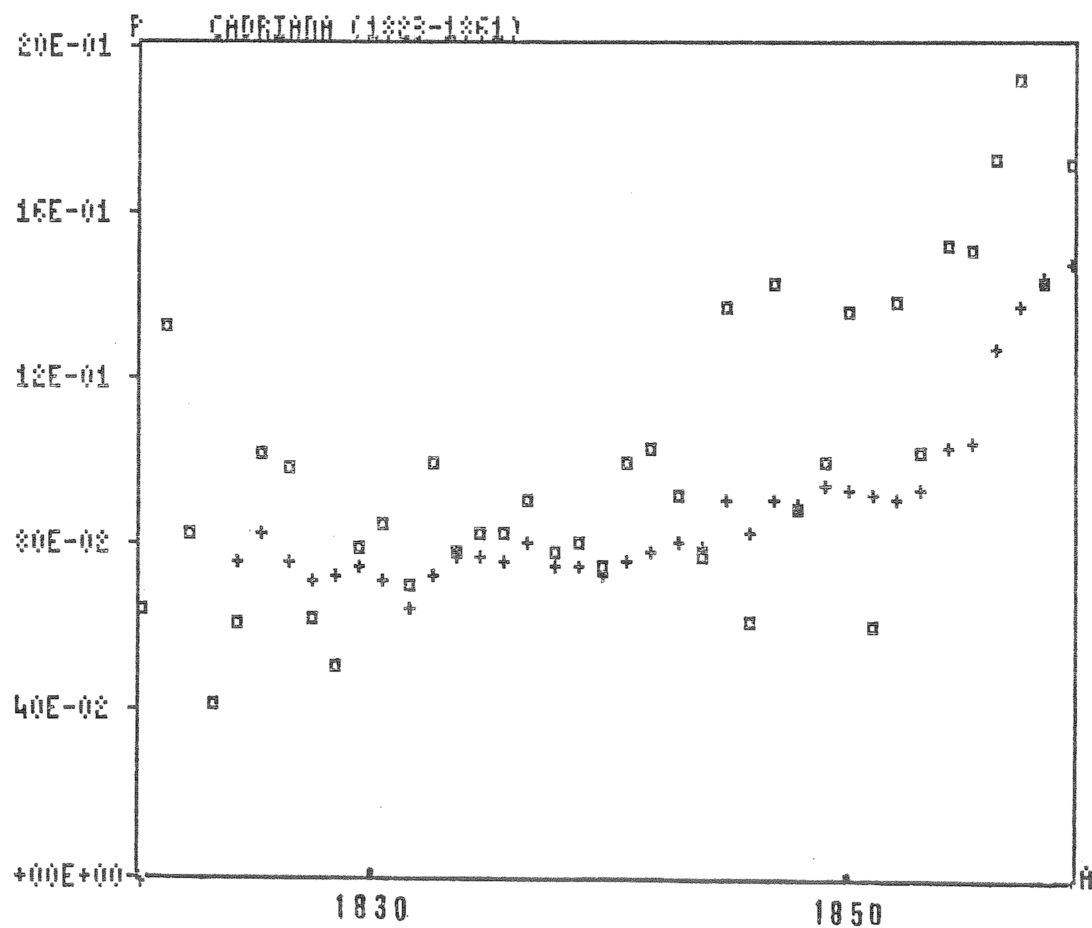


FIG. 4.XIV Andamento della produttività normalizzata di CADRIANA

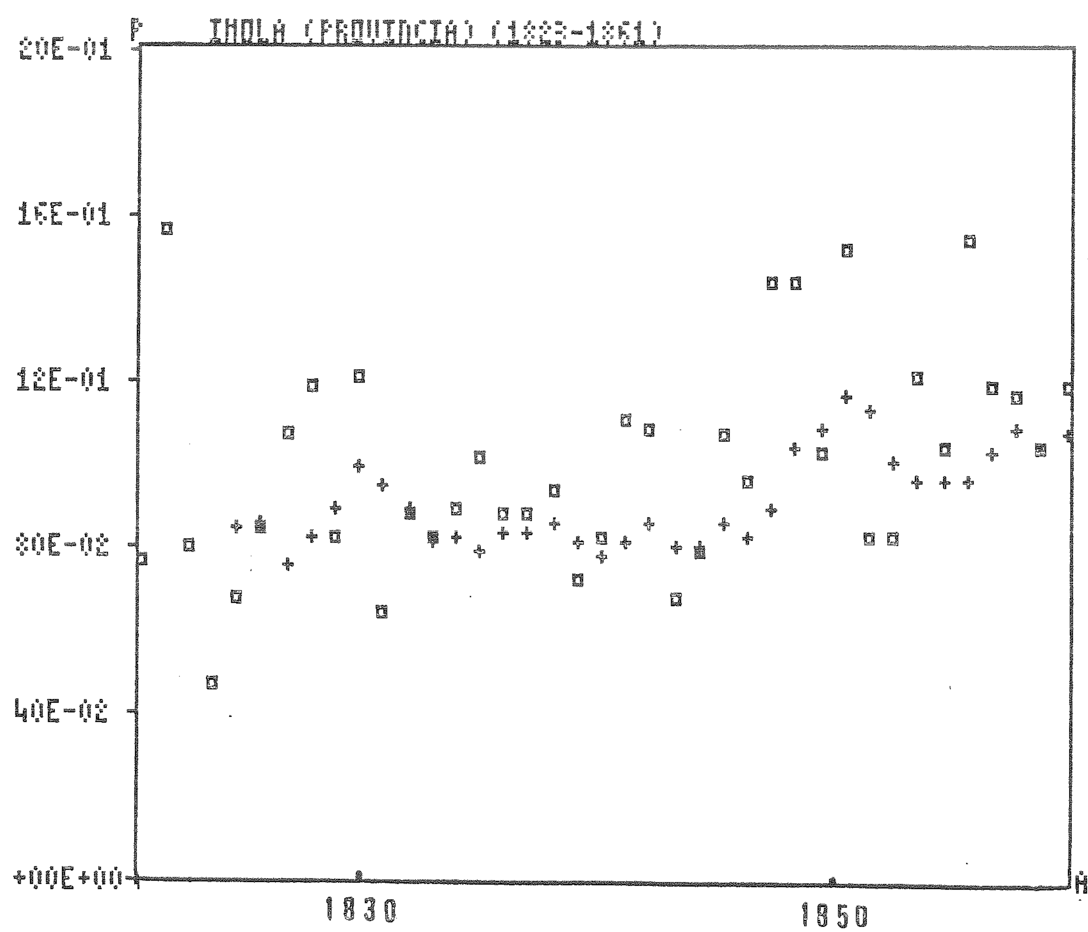


FIG. 4.XV Andamento della produttività normalizzata di IMOLA

Un esame diretto di tali curve mostra chiaramente l'esistenza di un fattore esterno condizionante (minimi con minimi, massimi con massimi, discrepanze tra curve essenzialmente concentrate nella fascia di valori intermedi), che viene identificato nella variabilità climatica.

I dati di produttività normalizzata, relativi alle aziende presentate, sono stati elaborati mediante un modello di regressione a quindici parametri, un dato di produttività con sette coppie di scarti normalizzati dalla media del periodo considerato (1823-1861) delle variabili temperatura e precipitazione. Tali scarti sono stati calcolati secondo lo schema presentato nel paragrafo precedente, orientato dalle fasi fenologiche del frumento. Le elaborazioni sono state condotte con software messo a punto per personal PC IBM, ed anche utilizzando il collegamento CINECA del Centro di Calcolo dell'Università di Ferrara (hordware CYBER 170/835, software CERNLIB).

L'utilizzo complementare del grande elaboratore è stato scelto in prospettiva di uno sviluppo della linea di ricerca a cui afferisce la presente indagine.

In FIG. 4.XVI sono riportati gli andamenti degli scarti normalizzati della produttività totale. La curva continua rappresenta il valore stimato col modello, la spezzata il valore calcolato.

I dati fanno riferimento alla produttività totale delle aziende considerate.

In FIG. 4.XVII la curva del valore stimato relativa alla produttività totale (tratto continuo) viene confrontata con

la curva del valore calcolato relativo all'azienda BARACCANO, la più grossa delle undici considerate.

L'accordo, decisamente soddisfacente nel primo caso, lo è anche nel secondo, in misura in qualche modo inattesa[(2)].

Una prima conclusione che si può trarre da questa analisi è che, in assenza di eventi storici eccezionali e di trend di innovazione tecnologica, il clima rappresenta l'elemento determinante nel processo di produzione agricola, e che il clima medesimo è rappresentato in modo soddisfacente nel modello delle variabili temperatura e precipitazione, inserite in un modello empirico-statistico di correlazione.

Questo risultato conferma le indicazioni offerte dalla tesi di V. MARLETTO ("Studio quantitativo dei rapporti tra variabilità climatica e produttività agricola", 1982, relatore prof. E. ROSINI) e suggerisce uno strumento matematico-statistico privilegiato per questo tipo di indagini in periodi storici.

Come già osservato in precedenza, uno studio del rapporto tra clima e produttività agricola in situazioni generiche può rivolgersi a modelli più sofisticati, del tipo analisi o simulazione di crescita.

Un'indagine rivolta a periodi storici deve invece limitarsi, in generale, all'uso dei pochi dati strumentali, quando esistono, e sono stati verificati e validati. Ciò significa, è opportuno ripeterlo, la necessità di utilizzare modelli empirico-statistici. Le direzioni di un possibile miglioramento del presente approccio sembrano essere le seguenti:

1) una più precisa definizione dei periodi relativi alle fasi fenologiche, con conseguente modifica della prescrizione di calcolo per gli scarti delle variabili climatiche;
2) una sostituzione del riferimento "media sul periodo considerato", chiaramente privo di rilevanza per la coltura considerata, la quale ha valori ottimi suoi propri, di temperatura e disponibilità di risorsa idrica, per le diverse fasi fenologiche.

In tal senso si sta orientando l'attività di ricerca dei relatori.

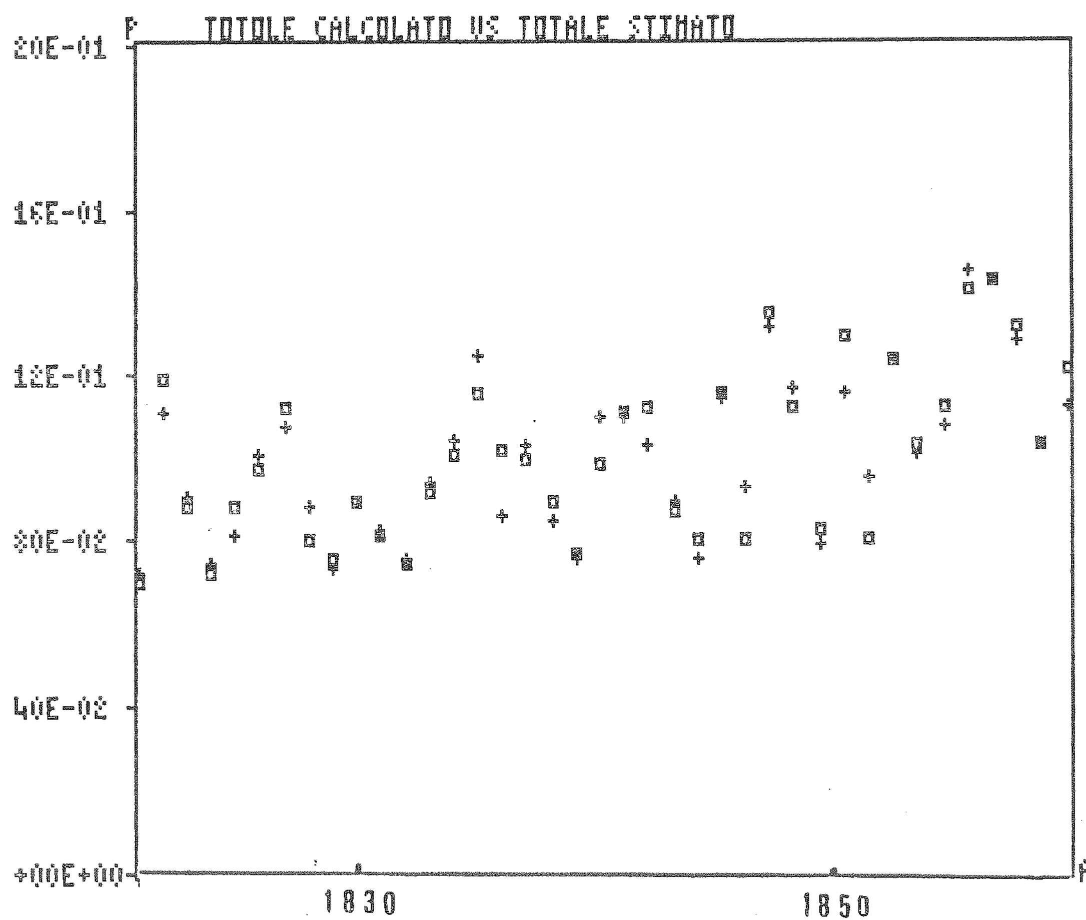


FIG. 4.XVI Andamento degli scarti normalizzati della produttività (+ totale stimato da modello; □ totale calcolato)

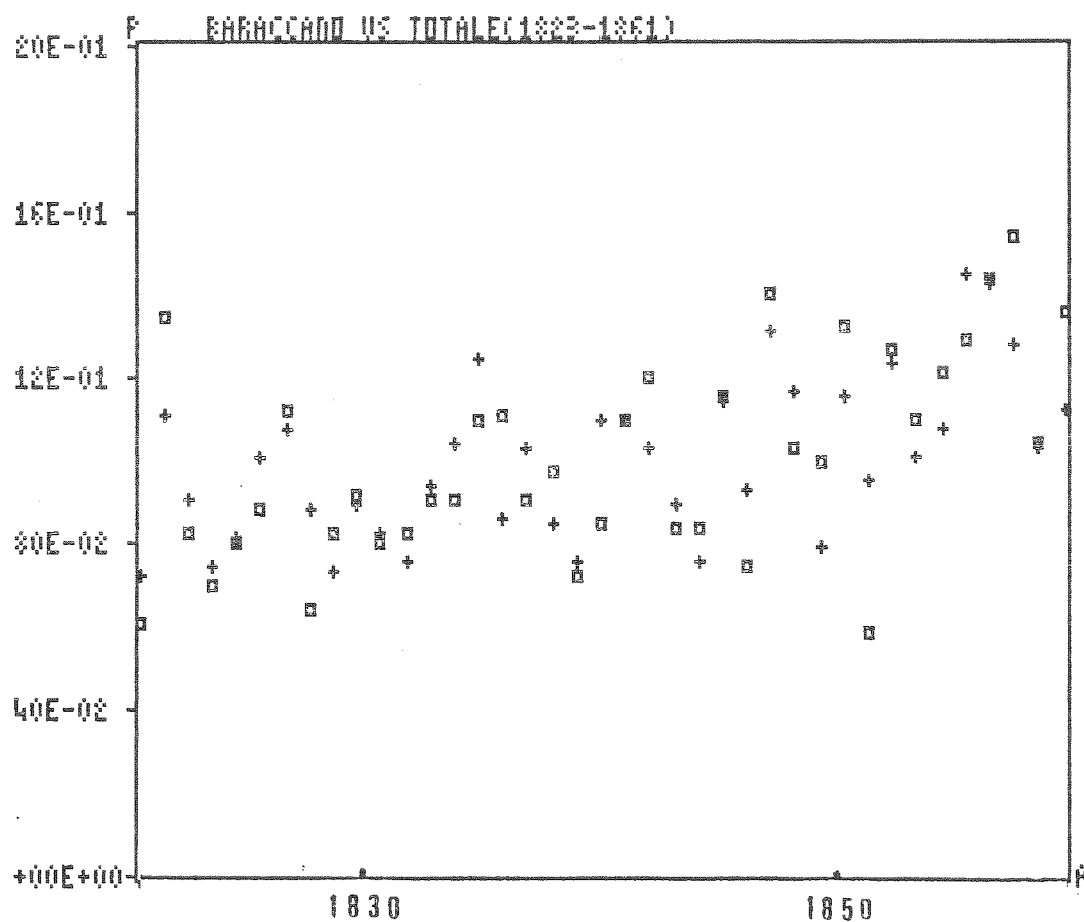


FIG. 4.XVII Andamento degli scarti normalizzati della produttività (+ totale stimato da modello; □ totale calcolato per azienda BARACCANO)

4.4. Analisi degli anni estremi

Il problema del criterio di classificazione delle annate di produzione agricola è già stato posto in letteratura. In FINZI, 1986 è stata scelta una regola di tipo statistico: le annate "non normali" sono individuate attraverso lo scarto dalla media (±1.5 σ, o scarto quadratico medio sul periodo considerato), definendo in tal modo, appunto, un intervallo di "normalità".

Nella situazione considerata dalla presente ricerca, tale criterio, ove applicato, darebbe luogo a risposte poco "leggibili". Infatti i massimi della curva riportata in FIG. 4.XVI e FIG. 4.XVII, ma soprattutto i minimi sono rappresentati da valori molto vicini, per cui una piccola variazione dell'intervallo di "normalità", modificherebbe radicalmente la composizione delle due classi, quella degli anni "normali" e quella degli anni "eccezionali".

Si è quindi ritenuto preferibile adottare un criterio "agronomico" (FINZI, 1986), che analizzi le annate agricole di produzione del frumento, partendo dalle esigenze idriche e termiche della coltura considerata, nelle diverse fasi di vita.

Tale criterio viene qui di seguito riportato, con tre esempi di diagrammi ombrotermici su annata agraria, costruiti con i parametri di evapotraspirazione potenziale e precipitazione(1).

Il tipo di coltura considerata ha le esigenze termiche ed idriche sintetizzate nella seguente tabella:

Periodo	Esigenze termiche		Esigenze idriche	
	Max	Min	Max	Min
Semina-nascita	20° C	0° C	200 mm	50 mm
Nascita-fine accrescimento	11° C	-5° C	80 mm	30 mm
Fine accrescimento-spigatura	30° C	8° C	400 mm	40 mm
Spigatura-maturazione	32° C	8° C	60 mm	15 mm

Particolarmente critico e significativo ai fini della produzione è il periodo della spigatura, durante il quale la pianta è particolarmente sensibile a eventuale insufficienza idrica. Durante questa fase precipitazioni fra 0 e 25 mm provocano una sofferenza acuta, mentre fino a 40 mm l'apporto idrico appare insufficiente. Insomma al di sotto dei 40 mm di precipitazioni si ha una spigatura non buona con effetti negativi sul raccolto. Dai 40 mm in su ci si può aspettare un raccolto positivo; la situazione volge decisamente al meglio intorno ai 60 mm.

E' ovvio, comunque, che il raccolto non è determinato solo dalla fase di spigatura.

L'acqua caduta non è l'acqua utilizzabile e utilizzata dalle piante. Nella reale utilizzazione, nel concreto soddisfacimento del fabbisogno idrico, intervengono altri fattori, in primis le temperature. E' possibile tenerne conto attraverso la costruzione di diagrammi ombrotermici delle annate agrarie e quindi non solari. Per coglierne le capacità

esplicative occorre determinare, o almeno individuare in modo ragionevolmente approssimato, le principali fasi di sviluppo delle piante e in particolare il periodo di spigatura.

Del tutto compatibile con le fonti sull'agricoltura bolognese è l'ipotesi d'una semina nella seconda metà di ottobre da cui consegue: 1) nascita delle piante a 7-10 giorni dalla semina; 2) spigatura fra 15 e 20 maggio.

Si hanno così tutti gli elementi per leggere, da un punto di vista meteorologico, i risultati colturali degli anni "critici", sia in senso negativo che positivo.

I diagrammi ombrotermici riportati in FIG. 4.XVIII, FIG. 4.XIX e FIG. 4.XX sono relativi a due anni, 1826 e 1853 di produzione particolarmente bassa, e ad un anno di produzione abbondante, 1849.

Non sono stati considerati gli anni terminali del periodo, per la presenza, già sottolineata, di un lieve effetto iniziale di trend di innovazione tecnologica. Da tali diagrammi è possibile, applicando il criterio sovraesposto, motivare il risultato, buono o cattivo, dell'anno considerato (analogamente a quanto fatto in FINZI, 1986, per il XVIII secolo).

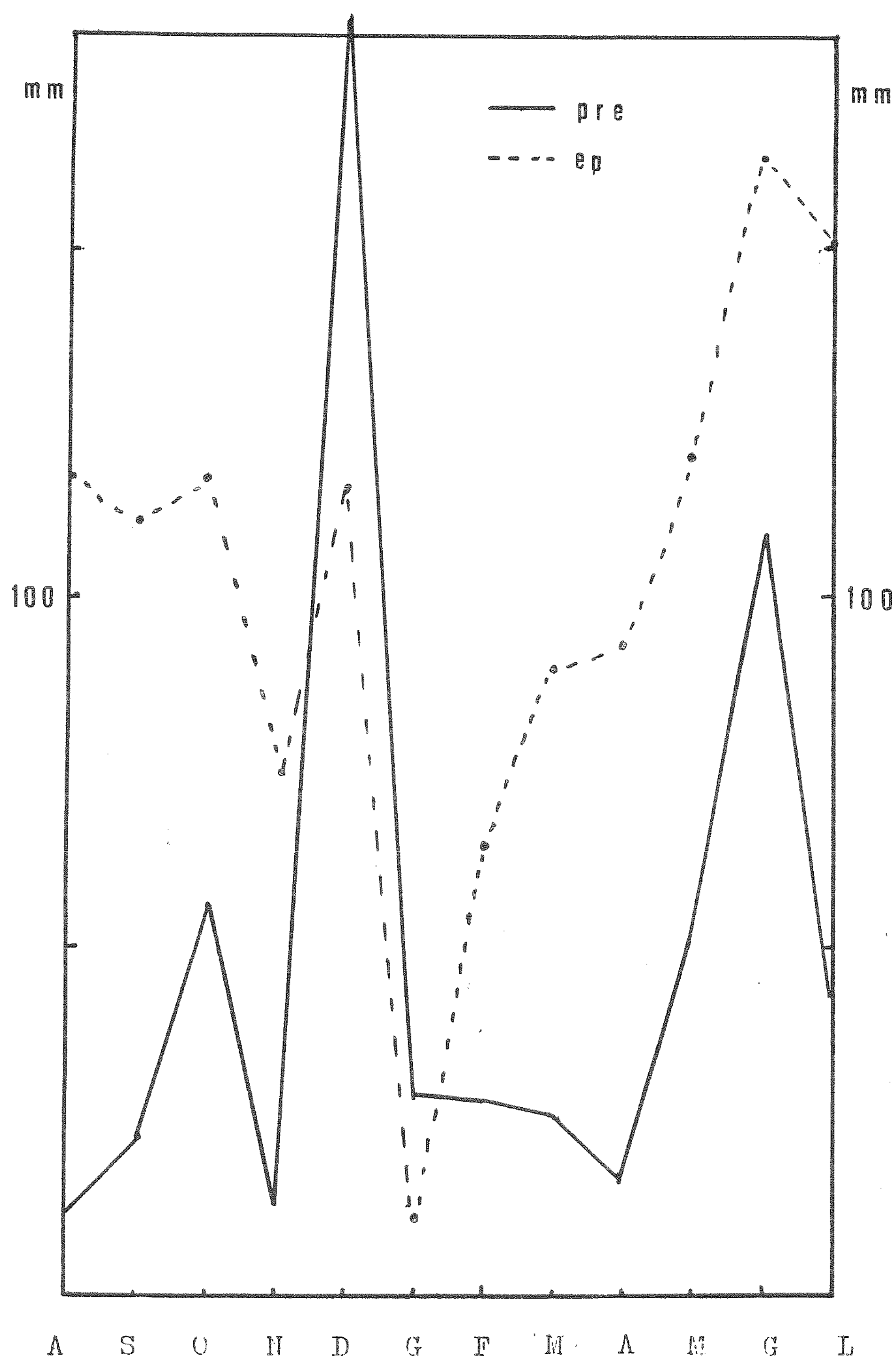


FIG. 4.XVIII Diagramma ombrotermico (temperatura-evapotraspirazione): anno 1826, produzione scarsa

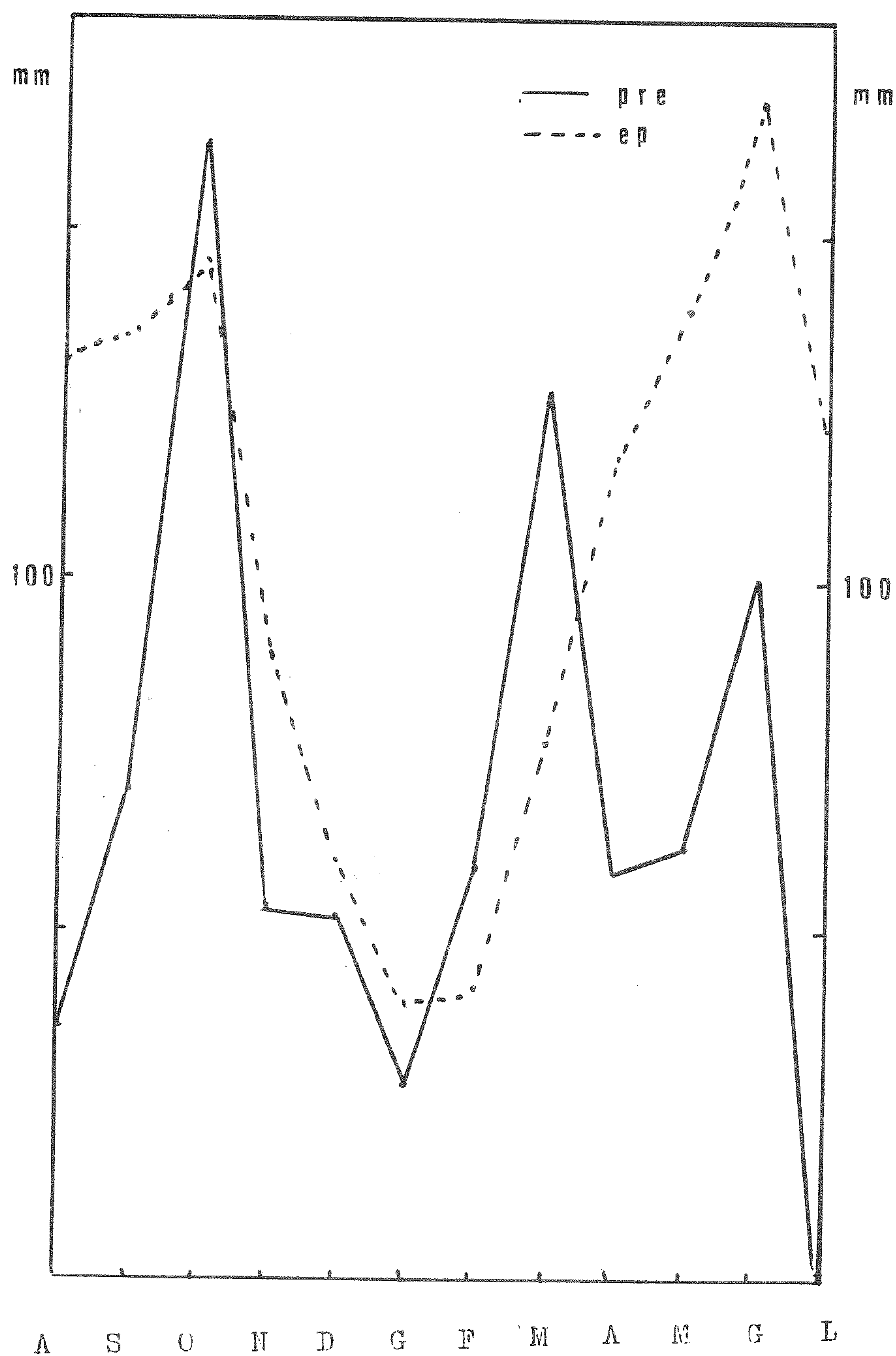


FIG. 4.XIX Diagramma ombrotermico (temperatura-evapotraspirazione): anno 1853, produzione scarsa

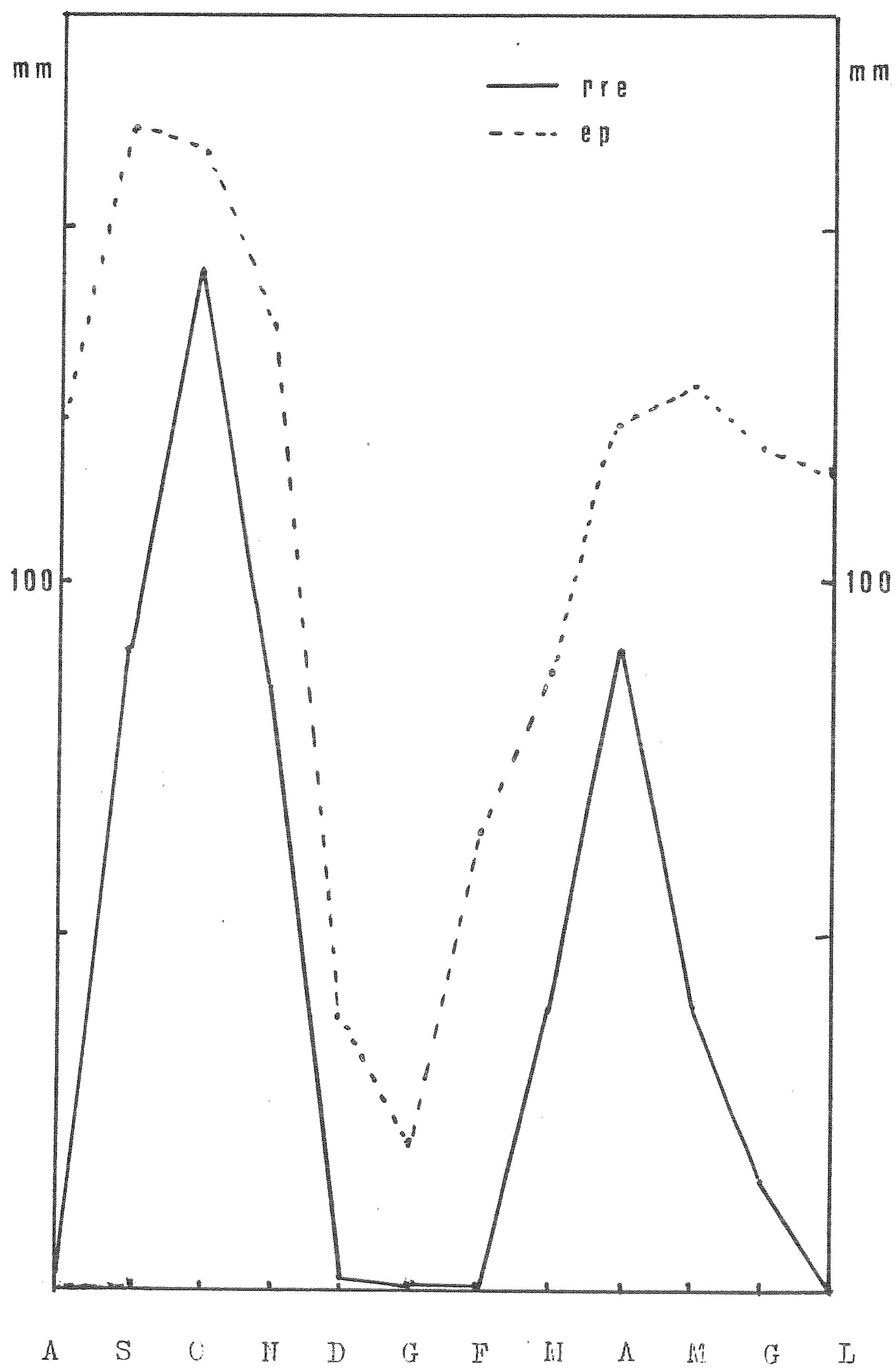


FIG. 4.XX Diagramma ombrotermico (temperatura-evapotraspirazione): anno 1849, produzione abbondante

1) I parametri climatologici considerati per il modello, oltre a temperature e precipitazioni, sono i seguenti:
   a) evaporazione potenziale (ETP)
   b) equivalent hours of maximum net photosynthesis (EHMNP, ore equivalenti di massima fotosintesi netta).

   Per l'uso di tali parametri nell'ambito di serie storiche di dati climatici, esistono le controindicazioni già discusse, derivanti da carenza od assenza di dati necessari. In particolare per il secondo parametro, EHMNP, l'assenza di un dato quantificato ed attendibile di copertura dal cielo rende improponibile il suo utilizzo nel contesto della presente ricerca. Solo un deciso avanzamento delle ricerche mediante codici, sulla metodologia di validazione e quantificazione, del dato storico non quantitativo potrebbe modificare la situazione.

   L'evaporazione potenziale è, convenzionalmente, intesa come "L'acqua presa da un terreno ricoperto totalmente da una coltura tenuta sfalciata tra 8 e 15 cm, in condizioni di rifornimento idrico e nutrizionale ottimale".

Stima dell'evapotraspirazione potenziale

Il calcolo della perdita di acqua da una coltura standard, in determinate condizioni ambientali, è stato oggetto di molti studi ed in letteratura si trovano svariati modelli messi a punto dai diversi ricercatori per le rispettive zone climatiche e pedologiche.

La empiricità di tali modelli consigliano una attenta sperimentazione prima di essere adottati negli ambienti specifici. In Italia e nella zona della pianura padana sono stati controllati e verificati diversi metodi di stima dell'ETP dagli Istituti Universitari e di ricerca che ne hanno anche migliorato l'affidabilità introducendo modifiche per adeguarli alle specifiche esigenze ambientali. Fra i metodi

più diffusi ed applicati nel nostro ambiente sono:

Metodo Penman

E' la formulazione più complessa per la stima dell'ETP e richiede la disponibilità di una serie notevole di parametri climatici. Le difficoltà nel reperire le complesse informazioni necessarie hanno giocato un ruolo negativo sulla verifica sperimentale del modello. Le ricerche condotte con l'adozione di tale metodo di calcolo hanno dato risultati soddisfacenti anche se un miglioramento è ancora possibile e necessario per l'ambiente padano.

La formulazione modificata FAO è la seguente:

$$ETP = c[W.Rn+(1-W)f(n) \cdot (ea-ed)]$$

dove:

ETP = Evaporazione in mm/d

W = Fattore di proporzionalità dipendente dalla temperatura media giornaliera

Rn = Raziazione Netta giornaliera espressa in mm di acqua evaporabile al giorno (mm/d)

f(n) = Funzione dipendente dalla velocità del vento

(ea-ed) = Differenza fra la pressione del vapore saturo alla temperatura media registrata e la pressione del vapore effettiva osservata

c = Fattore di correzione correlato con la velocità del vento diurno e notturno, con l'U.R. max e con la Radiazione Solare.

Rispetto ad altri metodi, il Penman utilizzando sia elementi del bilancio energetico che i fattori correlati con

la diffusione del vapore nell'atmosfera interpreta meglio di altri il fenomeno dell'Evapotraspirazione fornendone una rappresentazione significativa.

Metodo Blaney-Criddle

La formula originaria è stata modificata dalla FAO ed attualmente l'equazione più in uso è la seguente:

$$ETP = c[p(0.46T+8)]$$

Il modello utilizza unicamente la temperatura come fattore variabile essendo (p) un valore dipendente unicamente dalla latitudine e dal giorno dell'anno.

Con l'introduzione del fattore di correzione (c) dipendente dalla Umidità Relativa, dalla Eliofania e dalla Velocità del Vento si è ottenuto un miglioramento nella stima dell'ETP.

Questo metodo è stato impiegato in molte prove sperimentali ed è stato oggetto di puntualizzazione da parte di ricercatori nell'ambiente specifico dell'Italia settentrionale ottenendo buoni risultati di affidabilità. In ragione del basso numero di parametri che utilizza difficlmente potrà subire ulteriori miglioramenti.

Metodo della radiazione

La formula più adottata è quella modificata FAO dove la evapotraspirazione potenziale è calcolata a partire dai dati di radiazione globale e di temperatura corretti da un fattore (c) dipendente dall'umidità relativa e dalla velocità del vento nelle ore diurne.

L'equazione è la seguente:

$$ETP = c(W.Rs)$$

Anche con i miglioramenti derivanti dall'introduzione del coefficiente correttivo il metodo non sempre si è dimostrato in grado di interpretare correttamente il valore dell'Evapotraspirazione misurata con sistemi di controllo (lisimetri), nell'ambiente in considerazione.

Metodo Turc

Il calcolo dell'ETP con tale metodo tiene conto di due fattori climatici e precisamente la temperatura (T) e la Radiazione solare (Rs). L'equazione adottata è la seguente:

$$ETP = 0.40 \frac{T}{T+15} (Rs+50):3$$

dove:

ETP = Evapotraspirazione potenziale decadica (mm/decade)

T = Temperatura media dei dieci giorni considerati

Rs = Radiazione solare globale giornaliera (cal/cm^2)

Anche questa formula ha bisogno di essere ulteriormente verificata a livello sperimentale in quanto nei nostri ambienti per le colture praticate non ha dato risultati accettabili.

Metodo Thornthwaite

L'equazione tiene conto essenzialmente della temperatura e di un fattore di posizione e del periodo dell'anno.

$$ETP = 1.6(\frac{10xT}{I})^a p:3$$

dove:

ETP = Evapotraspirazione potenziale decadica (mm/decade)

T = Temperatura media della decade

p = fattore di correzione dipendente dalla posizione astronomica e della latitudine

I = indice di calore annuale come somma degli indici (i) di calore mensile

a = coefficiente cubico dipendente da I.

Questo metodo è utilizzato essenzialmente per lo studio di bilanci idrici di grandi bacini idrografici mentre nelle applicazioni in campo agricolo i risultati sono stati poco interessanti.

Il metodo utilizzato nella presente ricerca (paragrafo 4.4) è quello di TURC, applicando la formula a periodi di un mese, invece che decadi.

In questo caso il dato di radiazione solare globale giornaliera è stimato sulla base di indici medi di copertura, per lunghi periodi, valutati a differenti latitudini (HUFTY, 1976).

~ ~ ~

Il parametro ENMNP è essenzialmente un'unità di accumulazione relativa ai periodi di crescita fisiologica delle colture. Tale unità è data come risposta fotosintetica netta di una pianta per un'ora condizioni ottimali di luce e temperatura. Il calcolo dei valori di tale parametro comporta la valutazione della risposta in termini di fotosintesi netta ad andamenti quotidiani di temperatura e di intensità di radiazione solare simulati, include la

sottrazione delle perdite notturne dovute a "respirazione" (PEASE, 1984).

Questo parametro, peraltro, non è connesso direttamente con la produttività, ma piuttosto con la qualità ambientale di temperatura e luce, più o meno favorevole alla crescita della pianta. Chiaramente, tale condizione è connessa con la produttività.

2) Sono stati eseguiti esperimenti numerici con modelli di correlazione associati a schemi ridotti rispetto alle sette fasi fenologiche considerate (quattordici parametri).

E' stata considerata, in particolare, la suddivisione in quattro periodi annuali riportata nel paragrafo 4.4 del testo. I risultati di tali esperimenti sono incoraggianti, anche se non ancora maturi per una presentazione. In particolare, si è potuto constatare come i coefficienti ottenuti dallo schema ridotto esibiscano lo stesso comportamento qualitativo di quelli dello schema completo: esistono coefficienti "leader", che suggeriscono ulteriori semplificazioni del modello. Il problema aperto è l'esatta determinazione dei periodi dell'anno che generano questi coefficienti "leader". Tale osservazione era già contenuta in MARLETTO, 1982.

CONCLUSIONI

Il lavoro svolto non consente di presentare conclusioni, nel senso specifico del termine. Può essere utile, peraltro, sintetizzare i risultati più significativi e, soprattutto, indicare i problemi aperti, di metodo e di contenuto.

Sull'attività di raccolta dei dati, climatici e di produzione, va sottolineata, ancora una volta, l'enorme ricchezza e complessità del tessuto indagato. In particolare, la cospicua messe di dati climatici non strumentali suggerisce un impiego di tecniche informatiche più avanzate per elevare la qualità di un futuro, definitivo assetto del data-bank.

In tal modo sarebbe possibile aumentare considerevolmente, sul territorio indagato, il numero di punti di osservazione significativi ed interessanti.

I risultati dell'analisi statistica sul clima di Bologna nel XIX ne confermano la stabilità rispetto a periodi indagati da studi precedenti. Risulta confermato l'interesse per un'analisi a scala spaziale più fine.

L'aspetto significativo dell'indagine è la possibilità di un confronto diretto con altre serie storiche, confronto "quantificato" dal test di Mann-Kendall.

Con questo metodo l'espressione "il clima di Bologna nonostante la presenza delle Alpi, segue il trend Europeo" acquista un significato preciso, quantificabile anche nelle differenze di localizzazione della variazione climatica.

I risultati dell'applicazione del modello statistico agro-meteorologico sono, invece, particolarmente interessanti,

ed in qualche modo sorprendentemente buoni. Una spiegazione dell'ottimo accordo tra il dato stimato dal modello ed il dato calcolato può ricavarsi dall'alta qualità del lavoro di ricerca e di selezione dei dati di produzione, nella pianura Bolognese.

Certamente, tali risultati confermano la bontà dell'ipotesi di uno stretto legame tra clima e produttività, per cui, sotto le ipotesi precisate, risulta del tutto lecito considerare le specificità delle aziende come "perturbazioni". Tutto ciò autorizza un cauto ottimismo per l'ipotesi di lavoro che considera i dati di produttività utilizzabili come "proxy data".

BIBLIOGRAFIA

BAIADA, 1986 - E. BAIADA, Da Beccari a Ranuzzi: la meteorologia nell'Accademia Bolognese nel XVIII secolo, in R. FINZI (a cura di), Le Meteore ed il Frumento, Bologna 1986.

CASONI, 1864 - G. CASONI, Dei venti nel clima di Bologna in "Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna", serie II tomo III, 1864.

COLACINO-ROVELLI - M. COLACINO-A. ROVELLI, The yearly averaged air temperature in Rome from 1782 to 1975, Tellus, vol. 35A, pp. 389-397, 1983.

COMANI, 1986 - S. COMANI, Descrizione del clima a Bologna nel '700 attraverso l'analisi di serie strumentali, in R. FINZI (a cura di), Le Meteore ed Il Frumento, Bologna 1986.

COMANI, 1986/A - S. COMANI, The historical temperature series of Bologne (Italy): 1716-1774, in Climate Change, 1986.

FINZI, 1986 - R. FINZI, Il sole, la pioggia, il pane e il lavoro. Note su clima, raccolto, calendario agrario nel Bolognese durante il secolo XVIII, in R. FINZI (a cura di), Le Meteore ed il Frumento, Bologna 1986.

GALLIANI-FILIPPINI - G. GALLIANI-F. FILIPPINI, Aggregazioni climatiche nella zona S.E. della Regione Emilia Romagna, Rapp. 5.2.84, Servizio Meteorologico Regionale E.R.S.A., Regione Emilia Romagna.

GOOSSENS, 1985 - CHR. COOSSENS, Principal component analysis of mediterranean rainfall, Journal of Climatology, vol. 5, pp. 379-388, 1985.

GOOSSENS-BERGER, 1985 - CH. GOOSSENS-A. BERGER, Annual and Seansonal Climatic Variations over the Northern Hemisphere and Europe during the Last Century, submitted to "Annalae Geoficae", 1985.

HUFTY, 1976 - A. HUFTY, La Climatologia, Roma 1976.

JONES-WIGLEY-WRITHT, 1986 - P.D. JONES-T.M. WIGLEY-P.B. WIGHT, Global temperature variations between 1861 and 1984, Nature vol. 322, p. 430, 1986.

LAMB 1982 - H.H. LAMB, Climate: present, past and future, voll. I e II, Londra 1972.

MARACCHI-MIGLIETTA - G. MARACCHI-F. MIGLIETTA, Agroclimatic classification of Central Italy, Proceedings of EC Clim. Progr. Symposium, Sophia Antipolis, France, 2-5 ottobre 1984.

MARLETTO, 1983 - V. MARLETTO, Studio per un modello climatico di produttività del frumento tenero nella Valle Padana, Lettere al Bollettino Geofisico, 1983.

MICHELONI, 1974 - M. MICHELONI, Analsi di alcune serie di dati meteorologici dal punto di vista della variabilità climatica, Tesi, a.a. 1973-74 (relatore chiar.mo prof. A. BRACCESI).

PALAGI, 1852 - A. PALAGI, Manoscritto cap. XXXII in p. 8, Archivio del Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna.

PEASE, 1984 - R.W. PEASE, Equivalent Hours of Maximum Net Photosynthesis, Agricultural and Forest Meteorology, p. 157-175, 1984.

PESTIAUX, 1985 - P. PESTIAUX, Approche spectrale en modelisation paleoclimatique, Tesi per dottorato in Scienze, 1985.

PRIESTLEY, 1981 - M.B. PRIESTLEY, Spectral Aanalysis and Time Series, Londra 1981.

RESPIGHI, 1862 - L. RESPIGHI, Notizie sul clima bolognese, Memoria I e II in "Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna", voll. VII e IX, 1857; 1862.

RESPIGHI, 1862/A - L. RESPIGHI, Nitizie sul clima bolognese, vol. II.

RICCI, 1975 - F. RICCI, Statistica, Bologna 1975.

APPENDICE 1

1A. Osservazioni meteo strumentali e non strumentali dal 1805 al 1812 per la città di Bologna

1B. Osservazioni meteo strumentali dal 1814 al 1901 ed anni seguenti per la città di Bologna

1C. Osservazioni meteo non strumentali dal 1813 al 1900 per la città di Bologna

1D. Schema record tipo A

1E. Schema record tipo B

Osservazioni meteorologiche strumentali e non strumentali dal 1805 al 1812 per la citta' di Bologna.

Le fonti citate di seguito si riferiscono tutte alla collocazione di manoscritti conservati nell'Archivio dell'Antica Specola, Dipartimento di Astronomia dell'Universita' di Bologna.

ANNO	VARIABILI OSS.	FONTE	COMMENTO
1804	Quantita'di pioggia Prosegue fino al 1814	Appunto sciolto, busta "Ranuzzi".	Quantita' totale annua di pioggia registrata da Paolo Veratti con un pluviometro di sua proprieta' costruito in Inghilterra.
1805	21 Marzo-14 Giugno, 1 osservazione a mezzodi'di temperatura e direzione del vento, da 1 a 4 dello stato del cielo.	Appunto sciolto, busta "Ranuzzi".	Osservazioni anonime, ma fatte nella specola,con termometro reaumuriano di Malagrida. Banderuola della torre degli Asinelli (~97 m di altezza).
1806	Da Maggio,1 osservazione quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno. Solo temperatura e direzione del vento.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola.	
1807	1 osservazione quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno,di barometro,termometro,direzione del vento; da Maggio da 1 a 4 dello stato del cielo.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola.	
1808	1 osservazione quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno,di barometro,termometro,direzione del vento; da 1 a 6 dello stato del cielo.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola;"Stracciofoglio" nella Caps.XVIII.	Vi e' una nota sulla convenzione per lo stato del cielo,con riferimento al metodo di Piazzi (Registro,p.1); medie mensili del barometro (Registro).
1809	1 osservazione quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno,di barometro,termometro,direzione del vento; da 1 a 6 dello stato del cielo.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola;"Stracciofoglio" nella Caps.XVIII.	L'osservatore e' Caturegli.Nel Registro sono calcolate le medie mensili del barometro.
1810	1 osservazione quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno,di termometro e direzione del vento; 2 (forse contemporanee) di barometro; da 1 a 6 di stato del cielo; da Agosto l'udometro.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola;"Stracciofoglio" nella Caps.XVIII.	L'osservatore e' Caturegli.Nel Registro sono calcolate le medie mensili del barometro ed e' inserito (foglio sciolto) il riassunto mensile delle precipitazioni.
1811	1 osservazione quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno,di termometro e direzione del vento; 2 (forse contemporanee) di barometro; da 1 a 6 di stato del cielo.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola;"Stracciofoglio" nella Caps. XVIII.	L'osservatore e' Caturegli.Nel Registro e' inserito (foglio sciolto) il riassunto mensile delle precipitazioni.
1812	1 osservazioe quotidiana,presumibilmente a mezzogiorno,di termometro e direzione del vento; 3 (forse contemporanee) di barometro; da 1 a 6 di stato del cielo.	Annotazioni quotidiane nei Registri della Specola;"Stracciofoglio" nella Caps. XVIII.	L'osservatore e' Caturegli.Nel Registro e' calcolata la media mensile del barometro ed inserito (foglio sciolto) il riassunto mensile delle precipitazioni.

A P P E N D I C E 1B

REGISTRI DI OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE
PER LA CITTA' DI BOLOGNA

OSSERVAZIONI FATTE E DESCRIZIONE DEGLI STRUMENTI
ANNI 1813-1815

- **Barometro:** si tratta di uno strumento a mercurio posto nella scala Meridiana; Le divisioni sono fatte in Piede di Parigi (dita, linee e dodicesimi di linea); La lettura avviene una volta al giorno a mezzogiorno.
  Esiste un termometro interno alla sala del barometro.
- **Termometro:** si tratta di uno strumento di Reaumur a mercurio con 80 tacche tra il punto di fusione del ghiaccio e quello di ebollizione dell'acqua; Lo strumento era posto nella Sala meridiana, esterno ed esposto a Nord. La lettura avveniva una volta al giorno a mezzogiorno.
- **Termometro a minima** e a **massima**: si tratta di uno strumento a mercurio di scala reaumuriana, esposto a nord. Le letture avvenivano una volta al giorno a mezzogiorno e consistevano in una lettura della temperatura attuale, della massima del giorno precedente, della minima del giorno stesso.
  Vi era un altro strumento dello stesso tipo del precedente, ma esposto a Sud, risultando così del tutto inutilizzabile.
- **Venti:** viene osservata la direzione segnata dalla banderuola

posta sulla Torre degli Asinelli, a mezzogiorno (~ m. 97).

- **Pioggia:** lo strumento (pluviometro), era posto sulla terrazza superiore della Torre della Specola (attuale Torre di Astronomia). Si tratta di una cassa quadrata di ferro verniciato, larga 40 cm e profonda 20 cm. Il fondo ad imbuto convoglia l'acqua in un serbatoio quadrato largo 20 cm ed alto 30 cm fatto in modo tale che la quantità di pioggia caduta venga misurata in frazioni di metro lineare.

  Per misurare l'altezza della neve la si fa sciogliere. Nella stessa posizione esiste ancora uno strumento, così sarà forse possibile eseguire dei confronti diretti con le misure contemporanee.
- **Stato del cielo:** vengono fatte 4 osservazioni al giorno di sei in sei ore e precisamente:

  tra le 00.00 e le 06.00; tra le 06.00 e le 12.00
  tra le 12.00 e le 18.00; tra le 18.00 e le 24.00

  Il significato del lessico usato per descrivere la copertura del cielo è il seguente

  lucido: quando non c'è alcuna nube
  bello: quando le nubi sono poche
  nuvoloso: quando le nubi sono molte
  misto: quando il cielo è per metà nuvolosa
  coperto: quando il cielo è coperto per più della metà
  oscuro: quando il cielo è interamente coperto di nubi.
- **Osservazioni** particolari sul tipo di copertura

  trasparente: quando le nubi non sono molto dense
  torbido: quando la porzione di cielo non coperta di

nubi è però scura, velata.

- **Tipo di meteore** (relativo alle 4 osservazioni)

  pioggia; neve; nebbia; brina; tempesta; fulmini.

- **Osservazioni incluse nel riepilogo**

- descrizione del cielo:

  sereno: se il cielo è stato lucido o bello

  nuvoloso: se il cielo è stato nuvoloso o misto

  coperto: se il cielo è stato coperto od oscuro

  vario: quando non si rientra nelle precedenti definizioni, cioè quando nelle 24 ore si sono verificati cambiamenti notevoli.

- Caratteristiche delle meteore:

  brina; nebbia; pioggia; neve; temporale.

- **Meteorologia nel Bolognese:** in questa colonna si notano tutte le meteore avvenute nel territorio bolognese con ragguaglio della giornata e considerazioni varie (molto rare).

- **Meteorologia estera:** si hanno le medesime osservazioni relative al settore precedente, ma riferite ad altre regioni (sono molto rare, anzi rarissime).

- **Riassunto del mese:** viene dato riepilogo che però non presenta alcuna utilità.

- **Meteorologia lunare:** vengono annotati i giorni delle fasi lunari, dell'Apogeo e Perigeo, unitamente ad una descrizione di quanto è avvenuto.

ANNI DAL 1816 AL 1829 INCLUSI

Tutto risulta invariato tranne che per l'introduzione dell'Igrometro. Di quest'ultimo strumento non si conosce però la struttura né l'unità di misura, che potrebbe essere una percentuale.

Ci sono motivazioni sufficienti per avere qualche dubbio in merito.

ANNI DAL 1830 AL 1836

Scompare l'Igrometro, già da tempo non osservato.

Si fanno 3 osservazioni al giorno, circa alle 09.00; alle 12.00 e alle 15.00; l'ora esatta di osservazione viene letta sull'orologio di Graham.

Gli strumenti, letti 3 volte al giorno sono:

- **Barometro:** come per gli anni 1814 e 1815
- **Termometro interno:** come per gli anni 1814 e 1815
- **Termometro esterno:** strumento di Malagrida (come quello usato nelle osservazioni per il 1814 e 1815) esposto a Nord così come il termometro a minima e a massima. In colonna 8 si segnano le misure fatte con quest'ultimo strumento durante le 24 ore e le 3 osservazioni attuali.
- **Pluviometro:** come per gli anni 1814 e 1815
- **Vento:** direzione con la misura della forza che viene data in lettere:

  D = "debole o che non si sente"

  G = "gagliardo ossia alquanto sensibile"

  F = "forte o molto sensibile"

I = "impetuoso o molto sensibile"

Le stesse lettere duplicare indicano la medesima cosa, ma con intensità maggiore.

- **Stato del cielo:** sia le osservazioni che il riepilogo sono come per gli anni 1814 e 1815.
- **Annotazioni:** inglobano sia la meteorologia bolognese che quella Estera.

ANNI 1836-1842

Tutto risulta invariato tranne che per:

- **Termometro:** scompare lo strumento di Malagrida
- **Igrometro:** compare questo strumento di cui non vengono forniti dettagli e che, in realtà, viene usato molto poco.

ANNI 1843-1845

Tutto risulta invariato rispetto agli anni precedenti, tranne che per l'Igrometro che scompare di nuovo.

ANNO 1846

Tutto resta invariato rispetto agli anni precedenti tranne che per la scomparsa del Riepilogo dello Stato del cielo e la ricomparsa dell'Igrometro, che sembra fornire delle misure percentuali dell'umidità dell'aria, ma non si hanno notizie originali in merito.

L'unica novità degna di nota è l'aumento del numero di osservazioni giornaliere che, per tutte le variabili osservate, passa ad un totale di 4.

ANNI 1847-1850

Tutto resta invariato rispetto agli anni precedenti tranne che per:

- **Barometro**: nell'insieme delle colonne relative alle osservazioni di pressione se ne ha una relativa ai valori realmente osservati (sempre in Piede di Parigi), ma relativa ai valori calcolati (ma non si sa come), ed una relativa ai valori corretti, cioè ridotti alla temperatura di 0°.
- **Termometro**: lo strumento per misurare la minima e la massima viene letto ogni volta che si osserva la temperatura attuale, quindi si hanno in totale 4 osservazioni di temperatura minima e massima per ogni giorno.

ANNO 1851

Tutto resta invariato rispetto agli anni precedenti tranne che per:

- **Barometro**: nel settore delle misure di pressione è ora inglobata la colonna (è stata spostata) delle misure di temperatura fatte col termometro interno unito al barometro. Ci sono poi le pressioni osservate in pollici (piede parigino) e quelle ridotte (non si sa come) sempre in pollici, e quelle ridotte (sempre con un metodo non descritto) in metri.
- **Termometro**: nel settore delle misure di temperatura compaiono ora 4 strumenti, esposti ai 4 punti cardinali, per la misura della temperatura attuale (che viene sempre osservata 4 volte al giorno); altrettanti strumenti,

sempre con le stesse esposizioni, vengono usati sia per le misure delle temperature massime che di quelle minime.

- **Igrometro:** compaiono "4 strumenti ad avena sativa".
- **Meteore:** viene evidenziato questo nuovo settore che prima era inglobato nelle annotazioni e che è suddiviso per colonne, ognuna delle quali è destinata ad un tipo particolare di meteora; il verificarsi di questa viene annotato con una crocetta in corrispondenza dell'orario in cui è stata osservata.

  Per descrivere le caratteristiche e l'intensità delle meteore stesse, vengono usate delle lettere di commento che però non sono ancora state interpretate a causa della mancanza di annotazioni relative.

  I tipi di meterore osservate sono: pioggia; nebbia; brina; gelo; neve; lampi; tuono; grandine.
- **Bussola.**

Riepilogo della giornata: ricompare questo settore. Ci sono ora, alla fine di ogni mese, delle tabelle riassuntive dell'andamento meteorologico durante il mese trascorso e altre tabelle ancora di valori medi che però non ci interessano.

Tradizionalmente le osservazioni meteorologiche della fine del XVIII secolo erano completate da declinazione magnetica ed elettricità atmosferica.

Citando PALAGI, 1852, trattandosi di "Quattro termometrografi di Six costruiti dal Bellani, esposti all'esterno, all'ombra e ai quattro punti cardinali dell'orizzonte, riparati alla meglio dai raggi riflessi e

diretti del Sole ad uguale distanza tra loro e gli uni diametralmente opposti agli altri".

Si tratta comunque di termometri a massima e minima. Uno è uno psicrometro, cioè una coppia di termometri a bulbo secco e bagnato; nella terza colonna di questo settore compare il risultato che viene dato in percentuale (umidità relativa); grazie alla comparsa di questo nuovo strumento parallelamente all'igrometro sarà possibile tarare quest'ultimo in modo da poterne usare le misure relative agli anni precedenti con maggiore confidenza.

- **Meteore:** tra le meteore osservate compare anche il nevischio.
- **Elettricità:** compare questo settore destinato alla misura dell'elettricità dell'aria.

L'elettricità atmosferica, nel grande sviluppo ottocentesco degli studi elettrici, serviva per spiegare numerosi fenomeni atmosferici, dalla costituzione delle nubi alla formazione della pioggia.

GENNAIO 1853 - GIUGNO 1855

Tutto identico agli anni precedenti tranne che per:

- **Psicrometro:** lo strumento del Padre barnabita Cavallari viene sostituito con lo strumento di Hutton.

LUGLIO 1855 - DICEMBRE 1855

Tutto è come per gli anni precedenti tranne che per:

- **Barometro:** vengono osservati due barometri indicati rispettivamente con lettera A e B, la struttura dei loro settori è comunque invariata.
- **Termometro:** scompaiono i termometri "liberi" , sia per i termometri all'ombra (Reaumur) usati per le temperature attuali che per quelli di minima e massima, cioè scompare 1 dei quattro esposti ai 4 punti cardinali; non viene specificato quale venga eliminato.

  Da una analisi preliminare sembra comunque che il termometro esposto a Nord, che è quello che ci interessa, sia il III.
- **Psicrometro:** viene ora usato lo strumento di August che, come il precedente, funziona con un termometro a bulbo secco, confrontato con uno a bulbo bagnato e fornisce il valore dell'umidità in percentuale.
- **Venti:** in questo settore si aggiunge una colonna relativa alla direzione del moto delle nubi

- **Stato del cielo:** la copertura del cielo viene data ora in cifre. Da un confronto con questa colonna e i riassunti mensili è stato possibile capire che si tratta di percentuali e che la corrispondenza tra numeri e descrizioni segue, verosimilmente, il seguente criterio: 10 corrisponde a cielo completamente sereno, si deteriora man mano che si diminuisce la cifra fino a 0 che corrisponde a cielo completamente coperto, scuro. Si è pensato, in base al fatto che la

precisione di tali osservazioni non poteva essere troppo elevata, di usare il seguente metodo di interpretazione delle cifre:

10; 9; 8 sereno

7-6 sereno con nubi

5-4 metà sereno e metà coperto

1-0 coperto.

ANNO 1856

Tutto è come per gli anni precedenti tranne che per:

- **Barometro**: si aggiunge uno strumento aneroide.
- **Termometro**: ad un certo punto durante l'anno compare lo strumento di Grindel, osservato e corretto in °C, accanto al termometro indicato con III (ultimo degli strumenti usati durante gli anni precedenti) ed a quello di Malagrida che ricompare (vengono trascritti i dati registrati nella colonna Grindel valori corretti. Con i termometrografi (termometro a max e min) vengono osservate sia le temperature attuali (che però non saranno usate) sia le minime e le massime 4 volte al giorno; a fianco delle osservazioni minime e massime ci sono due colonne in cui vengono dati i valori corretti, cioè convertiti in °C, e saranno questi i valori usati.
- **Stato del cielo**: ricompare il riepilogo giornaliero.

ANNO 1857

Tutto invariato rispetto all'anno precedente tranne che per:

- **Termometro**: al posto dello strumento indicato con III ed a quello di Malagrida si hanno ora 2 termometri di Ertel; purtroppo non viene precisato nulla. Per questa ragione si continua a preferire la colonna dei valori osservati con lo strumento di Grindel e poi corretti.
- **Pioggia**: dall'inizio dell'anno viene sostituito il pluviometro, ridotto in cattivo stato a causa del lungo uso, con uno migliore che viene collocato nelle medesime condizioni per ottenere risultati coerenti con i precedenti (RESPIGHI, 1862).

ANNO 1858-1860

Tutto è come per gli anni precedenti tranne che per:

- **Udometro**: oltre al pluviometro che è stato regolarmente osservato, sempre posto ad una quota di 50 m dal suolo per studiare le differenze di registrazione causate dall'altezza a cui era posto lo strumento, si aggiunge un altro pluviometro a circa 24 m dal suolo (RESPIGHI, 1862/A). Lo scopo era quello di correggere le misure in modo da stimare la vera quantità di acqua caduta al suolo. Poiché questi studi non furono fruttuosi, si è preferito continuare, per omogeneità della serie, a trasferire i dati dell'udometro superiore.

ANNO 1861-1865

Tutto è come per gli anni precedenti.

- **Termometro**: scompare la dizione di Ertel ed appare quella di termometro centigrado (superiore ed inferiore); è avvenuto uno spostamento dei termometri, da cui la dizione "termometro centigrado superiore ed inferiore".

- **Igrometro**: scompare completamente la colonna dell'Igrometro e resta solo quella dello psicrometro.
- **Stato del cielo**: la percentuale di copertura è sempre espressa in decimi, ma dall'aprile 1865 viene invertita la scala usata fino ad allora: 0 corrisponde a cielo completamente sereno e 10 a cielo completamente coperto.

ANNO 1866

Tutto invariato tranne che per:

- **Barometro**: scompare uno dei due strumenti di Lenoir (precedentemente indicati con A e B), ma non viene precisato quale dei due.

  Aumentano le osservazioni fatte col barometro aneroide e <u>tutte</u> le misure sono in frazione di metro. Nel settore del barometro si ha una colonna delle pressioni osservate (che prenderemo), una in cui i valori sono ridotti a 0° e corretti, e una colonna per la pressione massima e minima.
- **Termometro**: finito il periodo di taratura scompaiono i due termometri definiti come centigradi inferiore e superiore, mentre lo strumento di Grindel e i termometrografi per

la misura della temperatura min e max restano usati in modo invariato.

- **Ozono**: iniziano le misure della quantità di ozono, ma non si ha assolutamente nulla né sugli strumenti usati né sui metodi di osservazione.
- **Nubi**: compaiono ora 3 colonne che danno rispettivamente 1) forma, 2) località), 3) direzione del loro moto; non viene, purtroppo, specificata la codifica usata.

ANNO 1867 - SETTEMBRE 1872

Tutto è invariato tranne che per:

- **Barometro**: da notare che le osservazioni di pressione minima e massima sono rilevate tra un mezzodì e l'altro e che c'è la colonna dei valori osservati e quella dei valori corretti.
- **Termometro**: viene introdotto il Termometro Centigrado di Milano. Si hanno due colonne per le temperature attuali (una osservata e una corretta, ed è quella presa) due colonne per le minime e due per le massime (anche qui c'è la colonna dei valori osservati e corretti).
- **Psicrometro**: compare una colonna per la misura della tensione (supponiamo essere la tensione di vapore) ed in febbraio compare anche la colonna per le differenze tra la temperatura a bulbo secco e quella a bulbo bagnato.

NOVEMBRE 1872 - ANNI 1876

Tutto invariato tranne per:

- **Barometro**: al posto del barometro di Lenoir si registrano le osservazioni fatte con uno strumento detto a mercurio, ma non si capisce se cambia solo la dizione o anche lo strumento.

  La struttura della colonna resta invariata.

ANNI 1877-1880

Tutto invariato tranne per:

- **Barometro**: ricompare la dizione "di Lenoir" al posto della dizione "a mercurio", ma probabilmente si tratta dello stesso strumento visto che rimane invariata la struttura del campo di registrazione. I valori che vengono registrati sono quelli non corretti presi col barometro aneroide.

ANNO 1881

Tutto è invariato tranne per:

- **Barometro**: al posto della dizione "di Lenoir" compare quella di "barometro a vaschetta", ma non si hanno altre informazioni; la struttura del campo di registrazione rimane invariata. Si registrano i valori osservati del barometro aneroide.
- **Ozono**: spariscono le registrazioni.

- **Venti:** la "velocità" del vento ora viene data anche in Km/h (viene introdotto l'anemometro)
- **Udometro:** nell'intestazione della colonna ora viene scritto esplicitamente che nella quantità di acqua caduta si include la pioggia propriamente detta assieme alla neve e alla grandine disciolte.
- **Evaporazione nelle 24 ore:** iniziano la misura dell'evaporazione nella giornata, ma non è precisata l'unità di misura.

ANNO 1882-1884

Il numero delle osservazioni ritorna a 3.

Tutto è invariato tranne per:

- **Barometro:** al posto della dizione "a vaschetta" compare quella di "a livello mobile", ma pare sia lo stesso strumento, nonostante non si abbia alcuna indicazione sui registri.
- **Udometro:** scompare uno dei 2 strumenti, ma non viene precisato quale (probabilmente, quella in basso).
- **Velocità media all'ora per giorno:** in questa colonna compare la velocità oraria nelle 24 ore

$$\left(\frac{\text{giri anemometro in 24 ore}}{\text{24 ore}}\right)$$

Nota: gli autori delle registrazioni iniziano ora a ricopiare all'inizio di una nuova pagina l'ultimo giorno di registrazioni precedenti.

ANNO 1885

Tutto invariato tranne che per:

- **Barometro**: il barometro aneroide viene sostituito con uno detto di Delenil. Scompaiono le osservazioni di pressione minima e massima e compare, accanto alla colonna relativa alla pressione osservata, quella della pressione corretta con il fattore +0.42 mm (che non si sa da dove derivi), quella con pressioni ridotte a 0°C e al livello del mare e quella delle pressioni semplicemente ridotte a 0°C.

  Per omogeneità si continueranno a registrare le pressioni osservate in mm, in modo che le eventuali varie riduzioni saranno fatte in futuro su tutta la serie.

ANNO 1886-1892

Tutto è invariato tranne che per:

- **Barometro**: i due settori, quello del barometro al livello mobile e quello di Delenil, sono ora riuniti in un unico settore detto "Barometro Delenil a livello mobile" in cui si distinguono le seguenti colonne: 1) Termometro centigrado unito; 2) Barometro osservato in mm; 3) pressione ridotta con la correzione di +0.42 mm; 4) correzione per la riduzione a 0°C; 5) pressione ridotta a 0°C; 6) correzione per la riduzione al livello del mare; 7) pressione ridotta a 0°C e al livello del mare.

ANNO 1893

Tutto invariato tranne per:

- **Venti:** la velocità del vento viene definita come velocità media in km/h

ANNO 1901

Tutto invariato tranne per

- **Condensazioni atmosferiche:** questo è un nuovo settore che contiene 4 colonne suddivise in 1) mm di pioggia o neve fusa; 2) mm di neve caduta; 3) durata della pioggia o della nevicata; 4) intensità media delle stesse.
- **Velocità media del vento:** in questo settore compare, oltre alle 4 misure della velocità media del vento durante l'ultima ora prima dell'orario di osservazione (come viene precisato nei registri) il valore medio durante la giornata della velocità del vento.

Mancano note sull'avvicendamento fisiologico degli strumenti all'interno dei registri.

Confidiamo comunque che le eventuali sostituzioni siano avvenute in modo tale da mantenere omogeneità con i dati precedenti.

APPENDICE 1 C

Schedatura delle osservazioni meteorologiche non strumentali della Specola bolognese 1813-1900
(i tracciati sono allegati)

DATA - giorno;mese;secolo;anno

giorno	mese	secolo	anno
01	01	8	33
24	10	9	07

ORARIO - ora;minuti

ora	minuti
09	15
12	00

VENTI - le rilevazioni (quattro al giorno come massimo) sono state scritte nel sottocampo corrispondente al relativo orario di osservazione. La direzione del vento è rimasta in lettere, mentre la forza è stata codificata nel tracciato n°1 attenendosi alla tabella seguente:

cod. tracc.	cod. man.(1°)	cod. man.(2°)	cod. man.(3°)
0	calma quieto languido debolissimo	0	C (calmo)
1	D (debole)	1	AS (appena sentito)
2	G (gagliardo)	2	S (sentito)
3	F (forte)	3	F (forte)
4	I (impetuoso) fortissimo procelloso	4 5	I (impetuoso) V (violento) U (uragano)

N	NW	NNW	WNW
S	NE	NNE	ENE
W	SW	SSW	WSW
E	SE	SSE	ESE

V vento direzione incognita

Si noti che la codifica dei manoscritti indicata con (1°) si riferisce ai dati dal 1813 al 30.06.1855, quella indicata con (2°) si riferisce ai dati dallo 01.07.1855 al 29.02.1880, quella indicata con (3°) si riferisce ai dati dallo 01.03.1880 in poi.

Dal primo gennaio 1881 alla forza relativa del vento espressa in lettere si aggiunge la velocità in Km/h che dal primo gennaio 1893 viene definita come velocità media in Km/h (v. tracciato n°2).
Dallo 08.04.1892 al 31.12.1892 e dallo 01.09.1893 al 02.01.1894 manca l'indicazione della forza relativa.

STATO DEL CIELO - le rilevazioni (quattro al giorno come massimo) sono state scritte nel sottocampo corrispondente al relativo orario di osservazione. La copertura del cielo viene data durante i primi anni da una descrizione, quindi da una codifica numerica che risulta inversa a quella attuale per alcuni anni. Nella compilazione del tracciato ci si è attenuti alla tabella seguente:

cod. tracc.	cod. man.(1°)	cod. man.(2°)	cod. man.(3°)	cod. man.(4°)	significato cod. man.
0	lucido	sereno	10	0	complet.sereno
1			9	1	sereno con pochiss. nubi
2	bello	ser.p.nuv.	8	2	sereno con poche nubi
3	nuvoloso		6-7	3-4	sereno con nubi
4	misto	ser.nuv.	4-5	5	metà sereno, metà coperto
5	torbido	nuv.ser.	3	6	cop.con buoni sprazzi sereni
6	coperto	nuv.p.ser.	2	7-8	coperto con qualche sprazzo
7			1	9	quasi complet.coperto
8	oscuro	nuvolo	6	10	complet.coperto
9	mancanza d'osservazione				

Si noti che la codifica dei manoscritti indicata con (1°) si riferisce ai dati dal 1813 al 1845, quella indicata con (2°) si riferisce ai dati dal 1846 al giugno 1855, quella indicata con (3°) si riferisce ai dati dal luglio 1855 al marzo 1865, quella indicata con (4°) ai dati dall'aprile1865 in poi.

METEORE - le rilevazioni (quattro al giorno come massimo) sono state scritte nel sottocampo corrispondente al relativo orario di osservazione che, in questo caso, ingloba anche le notizie riportate nelle Annotazioni. Sono stati registrati anche due tipi diversi di meteora nello stesso orario, seguendo la tabella sotto indicata.

tipo di meteora	cod. tracc.
Pioggia	PG
Nebbia	NB
Brina	BR
Galaverna	GA
Gelo	GE
Nevischio	NV 1 (NS)
Neve	NV
Lampi	LM
Tuoni	TN
Grandine	GR
Temporale	PGTN
Arcobaleno	AR
Aurora Boreale	AB
Terremoto (scosse)	TM
Temporale con grandine (PG sott.)	TNGR
meteora in distanza	..+DS
Temporale" "	TNDS

L'intensità del fenomeno viene espressa tramite alcuni numeri che corrispondono:

1=debole
2=medio
3=forte

Orario delle osservazioni

- dal 1813 al 1829
  una sola rilevazione venti alle 12.00
  stato del cielo {24.00–06.00} {06.00–12.00} {12.00–18.00} {18.00–24.00}
  cod. man. (1°)

- dallo 01.01.1830 al 22.06.1831
  tre rilevazioni venti
  ora "di Graham" = ora siderale
  stato del cielo come sopra

- dal 23.06.1831 al 31.12.1845
  tre rilevazioni venti 09.00 12.00 15.00
  (solo a partire dal 1838 il numero e l'orario delle rilevazioni si stabilizza e diviene regolare)
  stato del cielo come sopra

- dallo 01.01.1846 al 31.12.1846
  quattro rilevazioni venti e stato del cielo agli stessi orari fissi
  07.00 12.00 15.00 21.00
  cod. man. (2°)

- dallo 01.01.1847 al 31.12.1849
  sistema come sopra ma nuovi orari
  07.00 12.00 15.00 23.00

- dallo 01.01.1850 al 31.12.1850
  sistema come sopra ma nuovi orari
  07.00 12.00 15.00 21.00

- dallo 01.01.1851 al 30.06.1855
  sistema come sopra ma nuovi orari
  08.00 12.00 16.00 20.00

- dallo 01.07.1855 al 30.04.1881
  sistema come sopra ma nuovi orari e cod, man. (3°) fino al marzo 1865,cod. man. (4°) dal l'aprile 1865 in poi
  09.00   12.00   15.00   21.00

- dallo 01.05.1881 al 31.12.1893
  sistema come sopra ma riduzione delle osservazioni a tre
  09.00   15.00   21.00

- dallo 01.01.1894 al 31.12.1900
  sistema come sopra ma ritorno a quattro rilevazioni
  08.00   09.00   15.00   21.00 con orario stagionale per quel che riguarda la prima osservazione:
  dallo 01.04 al 30.09   07.00
  dallo 01.10 al 31.03   08.00
  (escluso l'anno 1894 in cui l'orario 07.00 è mantenuto solo fino al 31.08)

+ nelle Annotazioni contenute nei registri le meteore delle 24 h. sempre

TRACCIATO N°1

RAGIONE SOCIALE		PROCEDURA	RIFERIMENTO
COD. FASE	COD. FLUSSO	DESCRIZIONE FLUSSO	DATA

SUPPORTO	BLOCCAGGIO	LABEL

DATA | ORARIO | VENTI | STATO CIELO | METEORE | DATA | ORARIO | VENTI

STATO CIELO | METEORE

PREPARATO DA	APPROVATO DA:	

N° PAG. ...... DI PAG. ...

TRACCIATO N°2

RAGIONE SOCIALE		PROCEDURA	RIFERIMENTO
COD. FASE	COD. FLUSSO	DESCRIZIONE FLUSSO	DATA

SUPPORTO	BLOCCAGGIO	LABEL

DATA	ORARIO	VELOCITA' VENTO Km.h.	DATA	ORARIO	VELOCITA' VENTO Km.h.

DATA	ORARIO	VELOCITA' VENTO Km.h.	DATA	ORARIO	VELOCITA' VENTO Km.h.

DATA	ORARIO	VELOCITA' VENTO Km.h.	DATA	ORARIO	VELOCITA' VENTO Km.h.

PREPARATO DA	APPROVATO DA:	

N° PAG. ...... DI PAG. ......

APPENDICE 1 D

Record di tipo A

DATA	ORARIO	BAROMETRO	TEMP. ATTUALE	TEMP. MAX	TEMP. MIN	UMIDITÀ REL.	PIOGGIA
ƀ GGMMSAA	XX,XX	XX.XX.XX	S XX.X	S XX.X	S XX.X	XXX.X	.XXXX
7 caratteri	4 * (4 caratteri)	4 * (6 caratteri)	4 * (4 caratteri)	4 * (4 caratteri)	4 * (4 caratteri)	4 * (4 caratteri)	4 * (4 caratteri)

APPENDICE 1 E

Record di tipo B

	DATA	ORARIO	BAROMETRO	TEMP. ATTUALE	TEMP. MAX	TEMP. MIN	UMIDITÀ REL.	PIOGGIA
b	GGMMSAA	xx.xx | | |	xxx.x | | |	bbbb | | |	sxx.x | | |	sxx.x | | |	xxx.x | | |	xxxx | | |
	7 caratteri	4 * (4 car.)	4 * (4 car.)	16 b	4 * (4 car.)	4 * (4 car.)	4 * (4 car.)	4 * (4 car.)

A P P E N D I C E   2

2.A Record eventi eccezionali e statistica descrittiva

2.B Diagrammi ombrotermici - Indici di aridità

2.C Studio del carattere aleatorio semplice

2.D Analisi quantitativa delle medie mensili

2.E Analisi della persistenza

2.F Test di Mann-Kendall

2.G Analisi spettrale

2.A RECORD EVENTI ECCEZIONALI E STATISTICA DESCRITTIVA

Sono state individuate due tipologie tabellari:

a) forma del record individuale ad una riga

DATA P50 SEQ. P SEQ. AR

dove

P50 : numero di giorni con precipitazione $\geq$ 50 mm

SEQ.P : massima sequenza di giornate piovose

SEQ.AR: massima sequenza di giornate secche

b) forma del record individuale a cinque righe

prima riga:

DATA TMAX TMIN SMAX SMIN

dove

TMAX Temperatura massima annuale assoluta

TMIN temperatura minima annuale assoluta

SMAX medie delle massime giornaliere

SMIN media delle minime giornaliere

seconda e tera riga:

record completo corrispondente al giorno di TMAX

quarta e quinta riga:

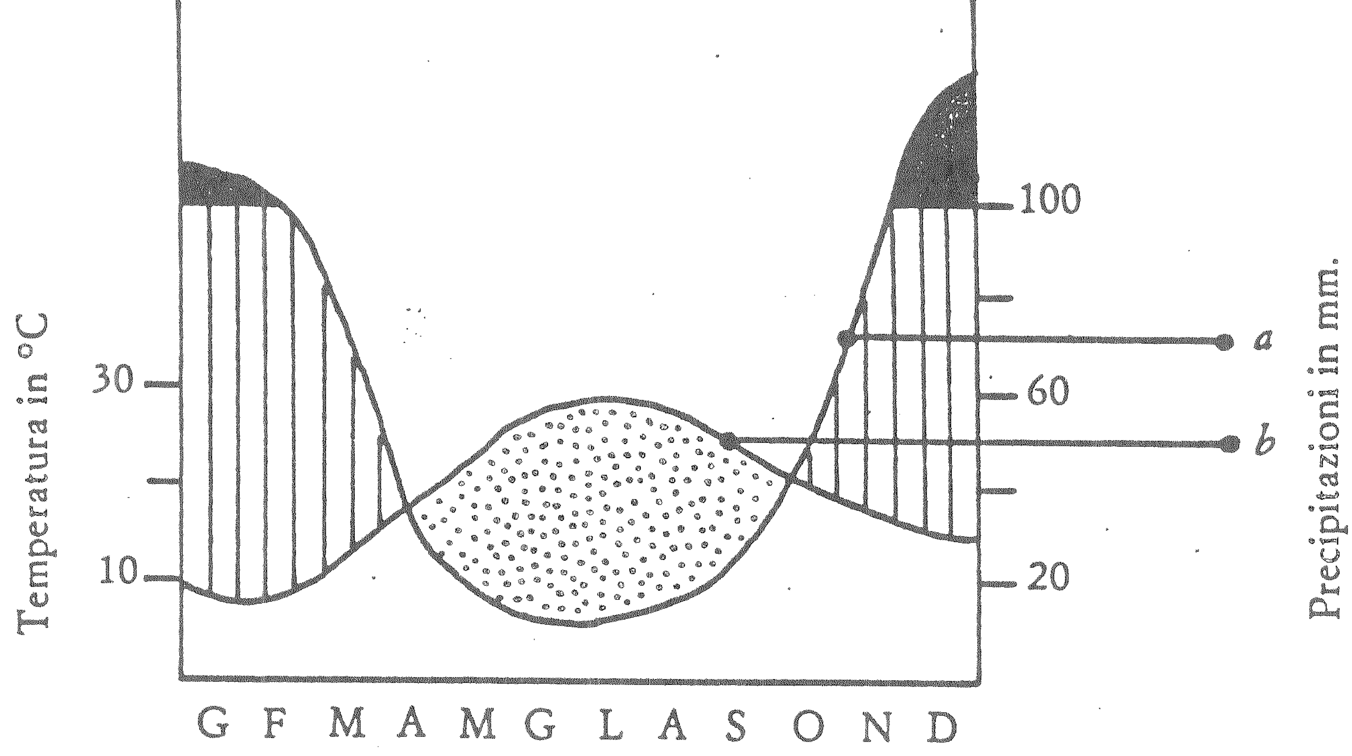
recorda completo corrispondente al giorno di TMIN

2.B DIAGRAMMI OMBROTERMICI

Allo scopo di descrivere il comportamento climatico di un sito durante l'anno, un metodo abbastanza semplice e nello stesso tempo efficace è quello dei diagrammi ombrotermici. Questi permettono di evidenziare la variazione stagionale del bilancio d'acqua per mezzo del confronto tra i dati di pioggia e quelli di temperatura, che vengono graficati insieme in funzione del tempo. La temperatura viene solitamente espressa sotto forma di evapotraspirazione potenziale, grandezza fisica che rappresenta la massima quantità d'acqua evaporabile da una certa superficie. Nella loro forma semplificata i diagrammi ombrotermici si presentano come in figura. In ascissa si succedono i mesi da gennaio a dicembre, mentre in ordinata ogni suddivisione rappresenta 10°C e 20 mm rispettivamente per temperatura e precipitazione. La curva a si riferisce alla precipitazione media mensile, mentre la curva b si riferisce alla temperatura media mensile. L'area punteggiata racchiusa tra queste due curve indica la cosiddetta stagione secca, mentre le aree tratteggiate verticalmente si riferiscono alla stagione umida. Le parti colorate in nero sono state ridotte di un fattore 10 per motivi d'ordine pratico.

Struttura di un diagramma ombrotermico.

Nota: In ascissa sono dati i mesi, mentre in ordinata sono date sia la temperatura in °C che le precipitazioni in mm. Per ulteriori chiarimenti si veda il testo.



Struttura di un diagramma ombrotermico.

Indici di aridità

Gli algoritmi usati sono:

1) indice di De Martonne - I tipo;
2) indice di De Martonne - II tipo;
3) indice termopluviometrico di Cereceda-Carbonell;
4) indice di umidità effettiva di Thornthwaite;
5) indice di gerarchia termica di Thornthwaite.

Gli ultimi due indici, combinati insieme, possono considerarsi equivalenti ad un indice di aridità. Per entrambi questi indici sono stati usati sia gli algoritmi forniti da J.M. Lorente che quelli dati da H.J. Critchfield. Pur essendo di analoga formulazione, le differenze nei valori ottenuti non sono trascurabili, come si vedrà soprattutto nel caso dell'indice di umidità effettiva. Gli algoritmi su elencati, il significato delle variabili usate e le classificazioni corrispondenti sono riassunti in tabella A, qui di seguito presentata.

Per combinare adeguatamente i due indici dati da Thornthwaite in modo da ottenere una corretta indicazione sul tipo prevalente di clima, è necessario conoscere anche la distribuzione stagionale delle precipitazioni. Viene così introdotto un indice supplementare definito nel modo seguente: r, se le precipitazioni sono adeguate alle esigenze del luogo in tutte le stagioni, s, se risultano scarse in estate, w, se sono scarse in inverno, e infine d, se sono scarse in tutte le stagioni.

La classificazione di Thornthwaite si basa sulla quantità d'acqua realmente a disposizione per le piante. I

vari tipi climatici sono dunque una combinazione dei tre indici già illustrati, e sono riattunti in tabella B. In seguito Thornthwaite cambiò la sua prima classificazione basata sul bilancio tra pioggia ed acqua evaporata - quest'ultima strettamente legata alla temperatura -, e introdusse il concetto di evaporazione potenziale, che abbiamo già incontrato a proposito del significato dei diagrammi ombrotermici. Thornthwaite era convinto che, da un punto di vista climatico, l'evapotraspirazione potenziale fosse un fattore tanto importante quanto le precipitazioni, poiché combina due variabili climatiche fondamentali, la radiazione incidente e la perdita idrica.

D'altro canto il geografo francese De Martonne si basa, per la sua classificazione climatica, su quattro fattori: 1) i dati climatici; 2) le caratteristiche della vegetazione; 3) il regime dei fiumi; 4) l'aspetto generale del suolo. In base a questi criteri egli individua i cinque tipi climatici seguenti: 1) caldo: temperatura media annuale maggiore di 20°C. Non esistono le stagioni propriamente dette. Questo tipo si suddivide in equatoriale, tropicale e di altura; 2) temperato: esistono le quattro stagioni, e la temperatura media annuale è minore di 20°C. Le suddivisioni sono due, una in cui l'inverno è mite o di tipo mediterraneo, e un'altra in cui l'inverno è più marcato o di tipo oceanico; 3) freddo: con la stagione invernale piuttosto estesa. Le suddivisioni sono tre: oceanico, continentale, polare o alpino; 4) monsonico: l'influenza della posizione geografica e del cambio annuale dei venti è predominante. Le suddivisioni sono due,

tipo tropicale e tipo sudtropicale; 5) desertico: è la degradazione degli altri climi a causa della mancanza di umidità. Questo tipo di clima si suddivide in caldo e freddo.

Con il calcolo del I indice di De Martonne si individua il tipo climatico a cui appartiene il clima della regione analizzata; per stabilire poi a quale suddivisione si deve fare riferimento, è necessario osservare la distribuzione dei mesi secchi e dei mesi umidi durante l'anno, distribuzione che, nel caso di Bologna durante il '700, è stato fatto ed è presentato nel paragrafo successivo.

Il II indice di De Martonne differisce dal I per il fatto che è stato messo a punto espressamente per ragioni in cui sia necessaria l'irrigazione.

L'indice di Cereceda-Carbonell è molto simile al I indice di De Martonne, come si vede dall'algoritmo; la differenza è che, essendo un indicatore d'aridità, mentte in evidenza l'importanza della temperatura per la sua capacità di evaporazione dell'acqua piovana, ed è quindi espresso come l'inverso del I indice di De Martonne. La classificazione climatica di De Martonne resta dunque valida anche per l'indice di Cereceda-Carbonell.

Indici di aridità di De Martonne (I e II tipo), di Cereceda-Carbonell e di Thornthwaite

---

Indice di De Martonne (I tipo)

$$I = \frac{p}{t + 10}$$

p = precipitazione media annuale in mm.
t = temperatura media annuale in °C

Classificazione:

$60 < I$	clima tropicale	(tipo A)
$40 < I < 60$	clima umido	(tipo B)
$20 < I < 40$	clima adatto ai cereali	(tipo C)
$10 < I < 20$	clima mediterraneo	(tipo C')
$5 < I < 10$	clima semiarido	(tipo D)
$0 < I < 5$	clima arido	(tipo E)

Indice di De Martonne (II tipo)

$$I = \frac{1}{2}\left(\frac{P}{T + 10} + \frac{12p}{t + 10}\right)$$

P = precipitazione media annuale in mm.
T = temperatura media annuale in °C
p = precipitazione media del mese più arido in mm.
t = temperatura media del mese più arido in °C

Classificazione:

$I < 10$	clima arido	(tipo E)
$10 < I < 20$	clima subarido (clima mediterraneo)	(tipo C')
$20 < I < 30$	clima subumido (necessità di irrigazione)	(tipo C)
$30 < I$	clima umido (abbondante vegetazione arborea)	(tipo B)

Indice di Cereceda-Carbonell

$$I = \frac{t}{p} * 1000$$

t = temperatura media annuale in °C.
p = precipitazione media annuale in mm.

Classificazione:

$0 < I < 6$	clima tropicale	(tipo A)
$6 < I < 8$	clima umido	(tipo B)
$8 < I < 20$	clima adatto ai cereali	(tipo C)
$20 < I < 38$	clima mediterraneo	(tipo C')
$38 < I < 77$	clima semiarido	(tipo D)
$77 < I$	clima arido	(tipo E)

Indice di umidità effettiva di Thornthwaite (algoritmo di H.M. Lorente)

$$I = 1,64 \left(\frac{P}{t + 12,2}\right)^{\frac{10}{9}}$$

p = precipitazione media annuale in mm.
t = temperatura media annuale in °C

Classificazione:

$128 < I$	clima molto umido (abbondante vegetazione arborea)	(tipo A)
$64 < I < 127$	clima umido (foreste)	(tipo B)
$32 < I < 63$	clima subumido (pascoli)	(tipo C)
$16 < I < 31$	clima semiarido (steppe)	(tipo D)
$I < 16$	clima arido (deserto)	(tipo E)

Indice termico di Thornthwaite (algoritmo di H.M. Lorente)

$$I = \sum_{i=1}^{12} \frac{9\,t_i}{20}$$

t = temperatura media mensile in °C

Classificazione:

$128 < I <$	clima tropicale	(tipo A*)
$64 < I < 127$	clima mesotermico	(tipo B*)
$32 < I < 63$	clima microtermico	(tipo C*)
$16 < I < 31$	clima freddo (boschi euro-asiatici con conifere)	(tipo C'*)
$1 < I < 15$	clima molto freddo (tundra senza licheni, suolo limaccioso in estate e gelato in inverno)	(tipo D*)
$0 < I < 1$	clima sempre gelato	(tipo E*)

Indice di umidità effettiva di Thornthwaite (algoritmo di H.J. Critchfield)

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{P_i}{T_i - 10}\right)^{\frac{10}{9}}$$

P_i = precipitazione media mensile in pollici
T_i = temperatura media mensile in °F

Classificazione: è la stessa che nel caso dell'algoritmo di Lorente.

Indice termico di Thornthwaite (algoritmo di H.J. Critchfield)

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i - 32}{4}\right)$$

T_i = temperatura media mensile in °F

Classificazione: è la stessa che nel caso dell'algoritmo di Lorente.

Nota: Vengono dati gli algoritmi, le variabili usate e le rispettive classificazioni.

Sono dati sia una classificazione climatica che uno schema dei simboli usati per individuare i vari indici di aridità. Sono poi riassunti in schemi i risultati ottenuti dall'applicazione dei vari algoritmi a diversi periodi storici per Bologna

Clima	Indice 1DM	2DM	CC	HTL	HTC	TTL	TTC
Periodo 1716 - 1774							
A							
B				69.		81.	81.
C	31.	20.	19.		46.		
C′							
D							
E							
Periodo 1723 - 1765							
A							
B				73.	66.	80.	80.
C	33.	23.	18.				
C′							
D							
E							
Periodo 1716-1737							
A							
B						91.	91.
C	26.			55.	35.		
C′		17.	25.				
D							
E							
Periodo 1738-1741							
A							
B	45.	32.		103.	91	87.	87.
C			14.				
C′							
D							
E							

(continua)

Clima	Indice						
	1DM	2DM	CC	HTL	HTC	TTL	TTC
Periodo 1742 - 1774							
A							
B				73.		73.	73.
C	33.	22.	17.		50		
C′							
D							
E							
Periodo 1738 - 1774							
A							
B				78.		74.	74.
C	35.	23.	16.		54.		
C′							
D							
E							

Classificazione climatica:

A clima molto umido
B clima umido
C clima subumido adatto ai cereali
C′ clima mediterraneo
D clima semidesertico
E clima desertico

Simboli degli indici:

1DM I indice di De Martonne
2DM II indice di De Martonne
CC Indice di Cereceda-Carbonell
HTL Indice di umidità effettiva di Thornthwaite (algoritmo di H.M. Lorente)
HTC Indice di umidità effettiva di Thornthwaite (algoritmo di H.J. Critchfield)
TTL Indice termico di Thornthwaite (algoritmo di Lorente)
TTC Indice termico di Thornthwaite (algoritmo di Critchfield)

. *Classificazione climatica di Thornthwaite dei tipi climatici*

AA′*r*	BA′*r*	CA′*r*	DA′*w*	EA′*d*	D′	E′	F′
AB′*r*	BA′*w*	CA′*w*	DA′*d*	EB′*d*			
AC′*r*	BB′*r*	CA′*d*	DB′*w*	EC′*d*			
	BB′*w*	CB′*r*	DB′*s*				
	BB′*s*	CB′*w*	DB′*d*				
	BC′*r*	CB′*s*	DC′*d*				
	BC′*s*	CB′*d*					
		CC′*r*					
		CC′*s*					
		CC′*d*					

		1DM	2DM	CC	HTL	HTC	TTL	TTC
Periodo 1814-1970	A							
	B						75.	75.
	C	28.	20.		59.	41.		
	C'			21.				
	D							
	E							
Periodo 1814-1861	A							
	B						76.	76.
	C	25.			56.	38.		
	C'		18.	23.				
	D							
	E							
Periodo 1862-1970	A							
	B						75.	75.
	C	23.	21.		60.	42.		
	C'			20.				
	D							
	E							

2.C STUDIO DEL CARATTERE ALEATORIO SEMPLICE

A questo punto delle analisi, allo scopo di indagare più a fondo, e non solo in modo descrittivo, il comportamento delle precipitazioni e delle temperature, le une indipendentemente dalle altre, sono state applicate delle tecniche più avanzate, nel caso specifico quelle che permettono di stabilire se una variabile fisica - come pioggia o temperatura - possiede carattere aleatorio semplice.

Si dice che una variabile fisica possiede carattere aleatorio semplice quando tutti i valori osservati di tale variabile, su un intervallo di tempo sufficientemente lungo affinché il campione sia significativo, risultano appartenere alla stessa popolazione ed essere tutti indipendenti tra loro.

Questa condizione viene solitamente chiamata ipotesi nulla H_0.

In termini più semplici, tutto ciò significa che i singoli valori assunti dalla variabile fisica non sono legati agli altri valori da alcuna legge ma, proprio per questo, assumendo valori casuali, le caratteristiche statistiche di questa variabile fisica possono essere correttamente descritte anche solo studiando un numero ridotto di valori da essa assunti; in questo senso si può parlare di un campione rappresentativo dell'intera popolazione, dove con popolazione si intende l'insieme di tutti i valori fisicamente possibili che la variabile può assumere.

Normalmente per l'analisi di serie meteorologiche, soprattutto nel caso di serie storiche, si preferiscono i

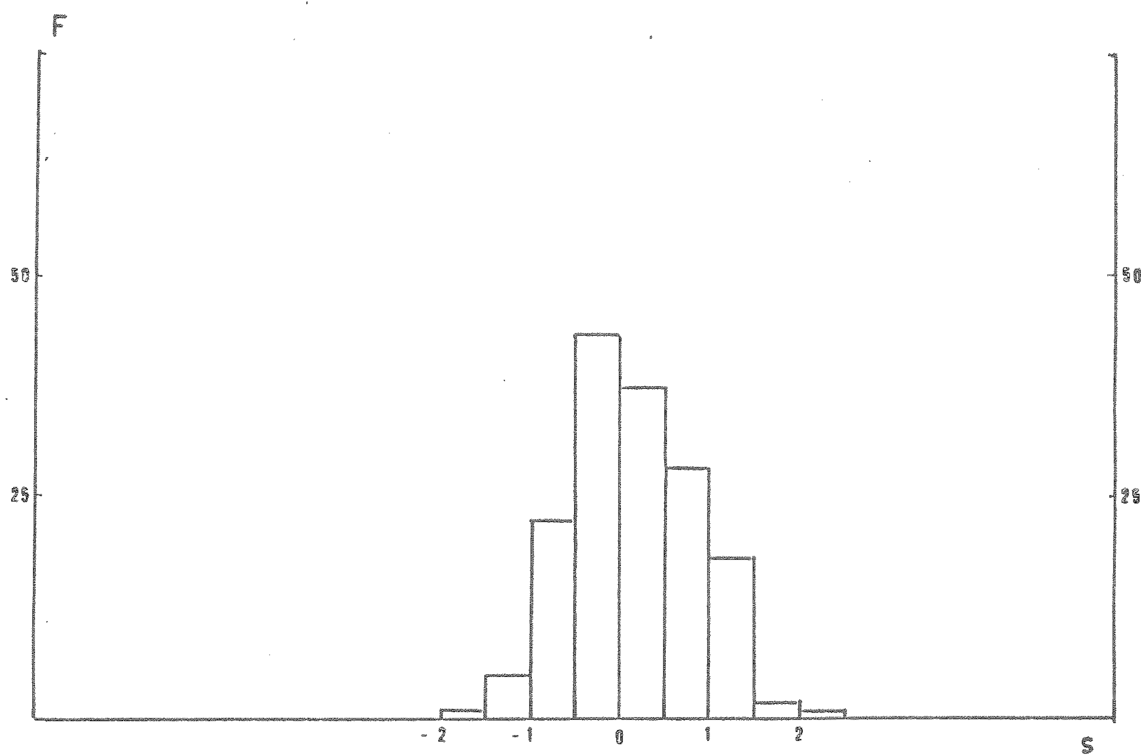
tests non parametrici proprio per il loro carattere più generale, e si sceglierà anche un valore giudizioso del livello di significatività del test, ossia non troppo restrittivo né tale da perdere la sua funzione discriminante.

In pratica, quindi, nel caso di una serie meteorologiche, si dice che una variabile possiede carattere aleatorio semplice se, in seguito all'applicazione di due tests, l'uno che studia l'eventualità di una correlazione tra valori successivi di una serie temporale - detto appunto "test di correlazione seriale" -, e l'altro che studia l'esistenza di una tendenza nel comportamento della variabile verso uno stato diverso da quello iniziale - detto "test della tendenza" -, viene accettata l'ipotesi nulla Ho.

Indipendentemente dai risultati ottenuti, ossia dal fatto che esistano o no tendenze o persistenze, per studiare il carattere aleatorio della variabile si dovranno analizzare i risultati dei due tests già applicati. Ciò viene fatto mediante l'utilizzazione del test di Fisher, in cui le probabilità associate ai risultati dei due tests precedenti vengono opportunamente combinate e il risultato viene confrontato con il valore teorico corrispondente del test, per verificare se si può accettare o si deve rigettare l'ipotesi nulla, ossia l'assenza di una tendenza o di una persistenza.

Il test di correlazione seriale scelto è quello di WALD-WOLFOWITZ, mentre per il test di tendenza si è utilizzato il test di MANN (per una presentazione degli algoritmi vedi COMANI, 1986).

I risultati ottenuti analizzando per l'intero periodo (1814-1970) la serie di temperature medie annuali, sono confermati dal calcolo della distribuzione delle frequenze, che presenta un significativo carattere gaussiano (vedi figura seguente).


F
50
25
50
25
- 2
- 1
0
1
2
S

2.D ANALISI QUANTITATIVA DELLE MEDIE MENSILI

Per analizzare ancora più in dettaglio il comportamento delle precipitazioni e delle temperature, si è pensato di applicare altre statistiche al fine di evidenziare se una sequenza di valori medi presenta valori confrontabili tra di loro in complesso oppure a coppie. Questa analisi può permettere di sottolineare i periodi in cui più facilmente avvengono dei cambiamenti nelle variabili fisiche prese in esame.

La metodologia statistica utilizzata è quella standard, che comporta la costruzione delle tavole ANOVA per il campione considerato e la verifica dell'ipotesi nulla attraverso il confronto tra il valore osservato della statistica scleta e quello teorico, ottenibile da una legge del tipo Fisher-Snedecor (RICCI, 1974).

I risultati, per le precipitazioni come per le temperature, confermano il dato elementare dell'osservazione qualitativa: la primavera e l'autunno climatico risultano le stagioni di clima più instabile, e coincidono, con buone approssimazioni, con la primavera e l'autunno astronomico.

2.E ANALISI DELLA PERSISTENZA

In generale si può affermare che le variabili climatiche non sono del tutto indipendenti dal loro passato, ossia hanno la tendenza a ricordarsi, nel loro comportamento, dei valori assunti precedentemente, anche nel caso in cui si tratti di variabili aleatorie e semplici che, per definizione, dovrebbero presentare dei valori sempre indipendenti l'uno dall'altro, come abbiamo già visto. Si dice in questo caso che esiste una persistenza nella serie climatica considerata, oppure che la variabilità climatica in esame presenta persistenza su una scala di tempo da definire durante l'analisi del fenomeno stésso.

Esiste dunque la probabilità reale che esista una persistenza, la quale può esprimersi in modo vario.

Innanzitutto si puòdire che, verosimilmente, maggiore è l'intervallo temporale considerato, minore è la probabilità di trovare una persistenza nella serie, benché possano verificarsi delle persistenze anche su periodi dell'ordine di qualche mese.

Per studiare la persistenza in una variabile meteorologica occorre innanzitutto stabilire la scansione temporale voluta e su di essa definire l'evento e il non-evento; nel caso dello studio della persistenza su un record giornaliero di precipitazioni, ad esempio, definiremo come evento un giorno di pioggia (indipendentemente dalla quantità caduta), e come non-evento un giorno in cui non piove.

E' chiaro che non si può analizzare la persistenza nelle temperature, ad esempio, poiché non è possibile definire una situazione di temperatura-sì e una di temperatura-no.

Si può ora dire cosa si intende per sequenza: una sequenza è definita come una successione di esattamente k giorni di evento (o non-evento) dove k=1,2,3,...,n.

Il primo passo nello studio della persistenza in una serie temporale di dati climatici consiste dunque nel descriverne il comportamento in termini di frequenze di sequenze di eventi (o non-eventi) di differente durata, analizzando i dati osservati.

Il passo successivo sarà verificare l'indipendenza di tutte queste sequenze; nel caso in cui ciò non risultasse vero si può concludere che esiste una persistenza.

Si procede quindi alla verifica di vari modelli matematici adatti a descrivere fenomeni di persistenza, e si vede se e quale tra questi è il più consono a descrivere la persistenza presente nella serie.

I modelli utilizzati per l'analisi della persistenza nella serie delle precipitazioni annuali sono (per gli algoritmi vedi COMANI, 1986):

a) serie geometrica

b) serie logaritmica

c) schema di Eggenberger-Polya

d) catena di Markov.

I risultati ottenuti confermano, come già per il '700, la grande difficoltà per descrivere significativamente la persistenza su una sequenza così lunga, utilizzando gli schemi

indicati precedentemente. Di fatto, si ha solo una evidenza qualitativa per l'esistenza di persistenza.

2.F TEST DI MANN-KENDALL

Il test di Mann-Kendall è un test non parametrico basato sul fatto che, sotto l'ipotesi di un clima stabile, la successione di valori climatologici deve essere indipendente e la distribuzione di probabilità deve restare sempre la stessa.

Sia x_i, $1 \leq i \leq N$, una serie temporale di N termini, in cui si cerca di individuare un cambiamento. Per ciascun termine x_i viene calcolato il numero m_i di termini x_j che precedono x_i $(i>j)$ tale che $x_i > x_j$; viene successivamente valutata la somma $d_i = m_1 + \ldots m_i$, con $1 \leq i \leq N$. Delle possibili versioni del test, quella interessante per la situazione indagata è detta "sequenziale" (GOOSSENS-BERGER, 1985) e consente mediante una tecnica grafica di localizzare temporalmente la variazione.

Si realizza la rappresentazione grafica dell'insieme di tutti gli $u(d_i)$, $1 \leq i \leq N$, chiamata curva c_1,
dove $u(d_i) > (d_i - E(d_i)) / \sqrt{var(d_i)}$
con $E(d_i)$ valore di aspettazione
e $var(d_i)$ varianza.

La curva c_2 viene costruita con la rappresentazione grafica della serie retrograda $u'(d_i) = -u(d_i)$, con $i' = (N+1) - i$.

L'intersezione di c_1 e c_2 localizza il cambiamento climatico, sotto la condizione di essere all'interno dell'intervallo di significatività (± 1.36, nel nostro caso).

2.G ANALISI SPETTRALE

I metodi utilizzati per l'analisi spettrale della serie di temperature medie annuali di Bologna sono due:

a) periodogramma, di cui è già stato dato l'algoritmo in una delle precedenti relazioni;

b) metodo della massima entropia, a cui si è ricorsi per ovviare alle limitazioni del metodo precedente.

Il metodo della massima entropia, infatti, individua la densità di potenza spettrale che corrisponde alla serie temporale "più aleatoria", di cui però la funzione di autocorrelazione coincide con le autocorrelazioni calcolate a partire dai dati. Nel caso del periodogramma, al contrario, le autocorrelazioni non calcolate si annullano (PESTIAUX, 1985).

Il metodo della massima entropia consiste nell'ottenere una densità di potenza spettrale $P_{ME}(\omega)$, che massimizzi l'entropia E, dove E è data da

$$E = \int_{-\pi}^{\pi} \ln(P_{ME}(\omega))d\,\omega \quad ,$$

sotto i vincoli

$$\int_{-\pi}^{\pi} P_{ME}(\omega)e^{i\omega r}d\omega = \overline{R}(r) \qquad r=0,\pm 1,\ldots,\pm M$$

dove M è un dato intero e $\overline{R}(r)$ sono le autocovarianze dei campioni (PRIESTLEY, 1985).

Si dimostra che tale densità spettrale è equivamente

ad una densità spettrale autoregressiva definita come segue:

$$P_{ME}(\omega) = \frac{\Delta t \gamma_M^2}{|1+\sum_{k=1}^{M} a_k \exp(-i\omega\Delta t|^2}$$

ove il processo autoregrassivo di ordine M è generato dall'espressione

$$x_i = \sum_{k=1}^{M} a_k x_{i-k} + n_i \quad ;$$

a_k sono i coefficienti autoregressivi

n_i il rumore bianco residuale

γ_M^2 la varianza di quest'ultimo

I risultati ottenuti con il metodo del periodogramma, peraltro, vengono generalmente confermati (le unità di misura utilizzate nei tre grafici sono differenti; i picchi significativi riportano l'indicazione del periodo, misurato in anni, che essi esprimono).

A P P E N D I C E   3

3A. Mappe e carte

3B. TABELLA 3.1

TABELLA 3.2

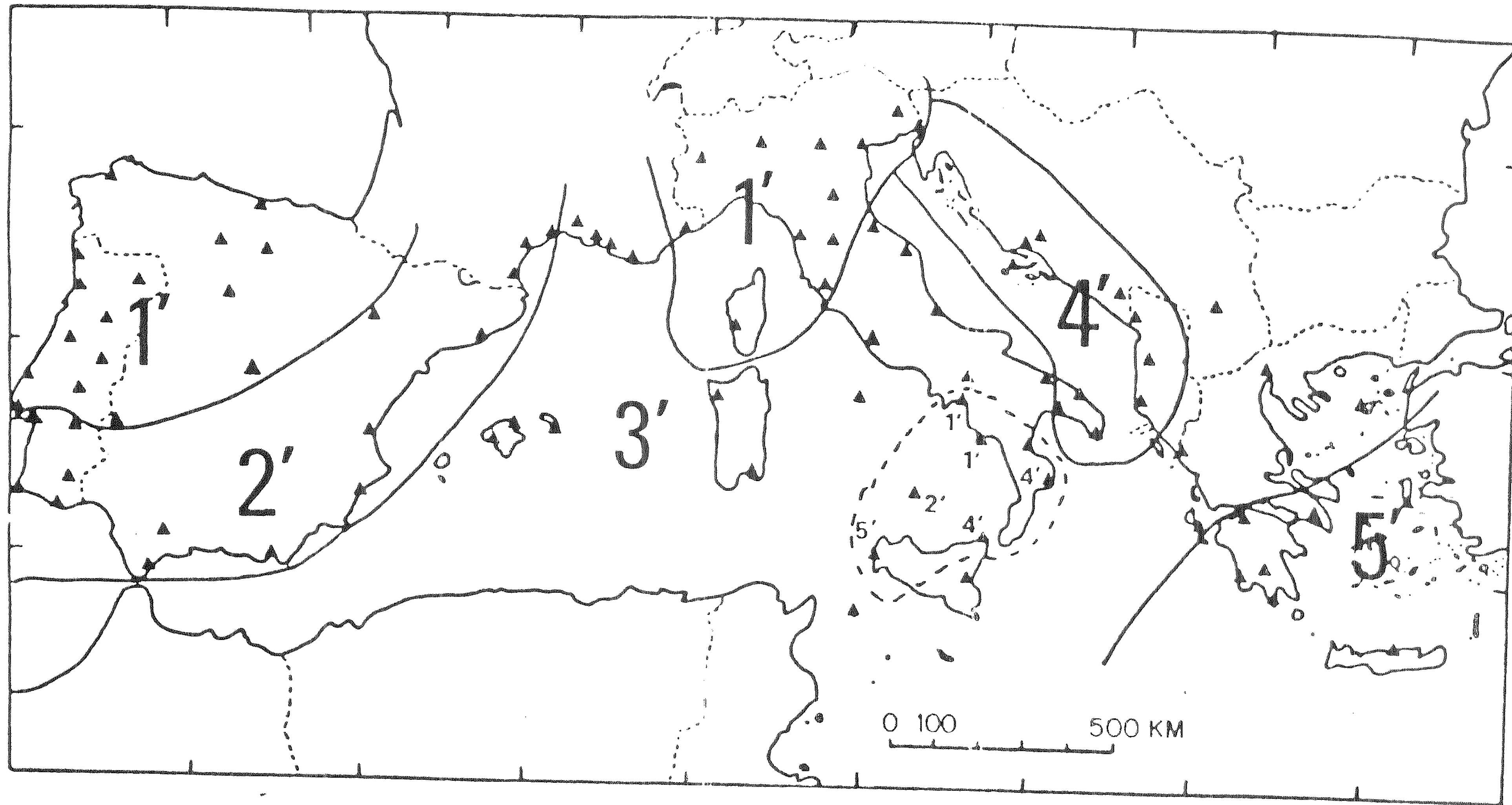
TABELLA 3.3

TABELLE sui dati di produzione e di semente relativi alla Azienda campione

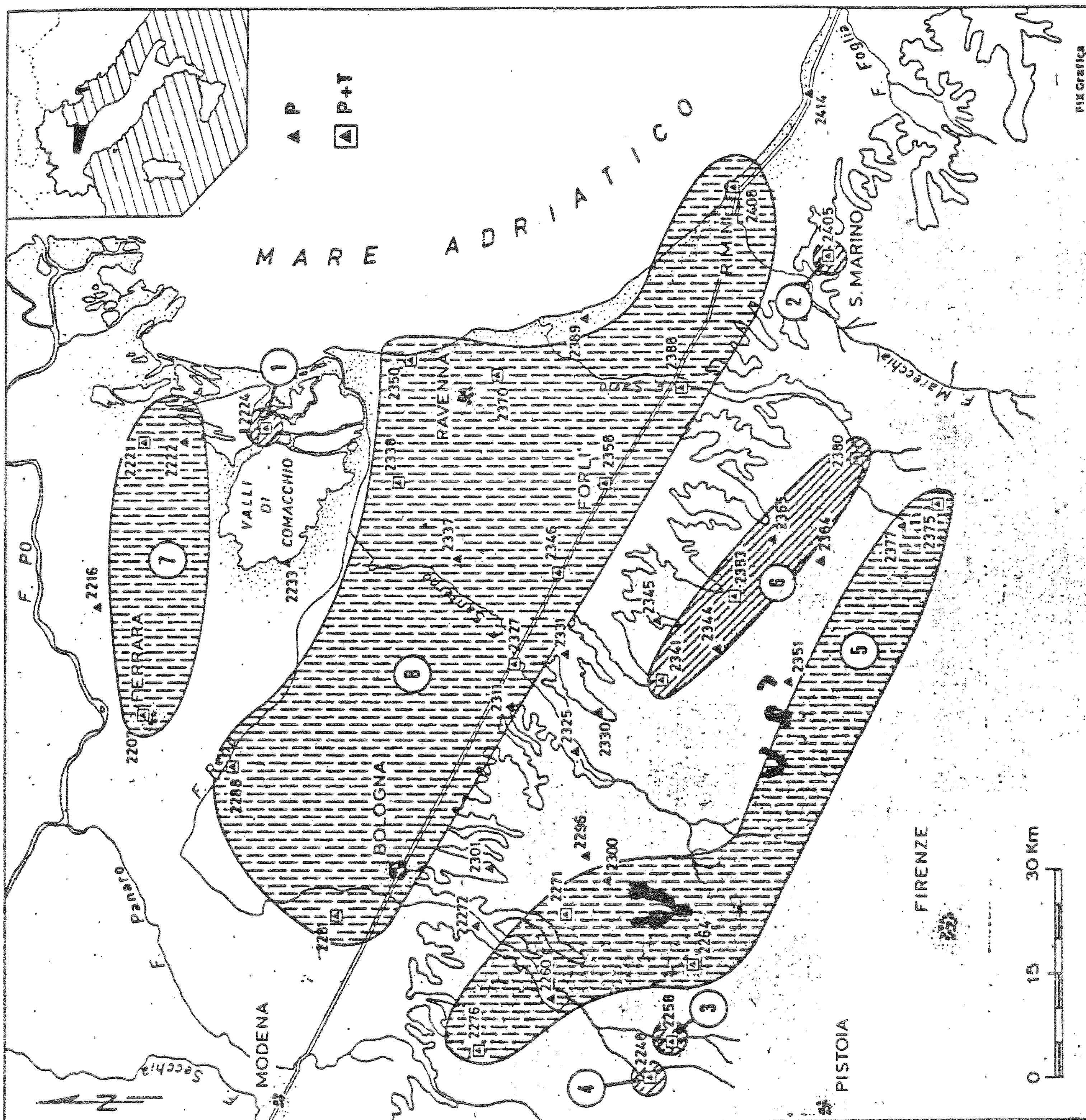
Carta della piovosità nel Bolognese.

Nota: Le cifre indicano la media annua delle precipitazioni in mm. di acqua raccolta nei pluviometri. Le cifre alle linee isoiete si susseguono di 100 in 100 mm. Le altre indicano la media delle singole località.

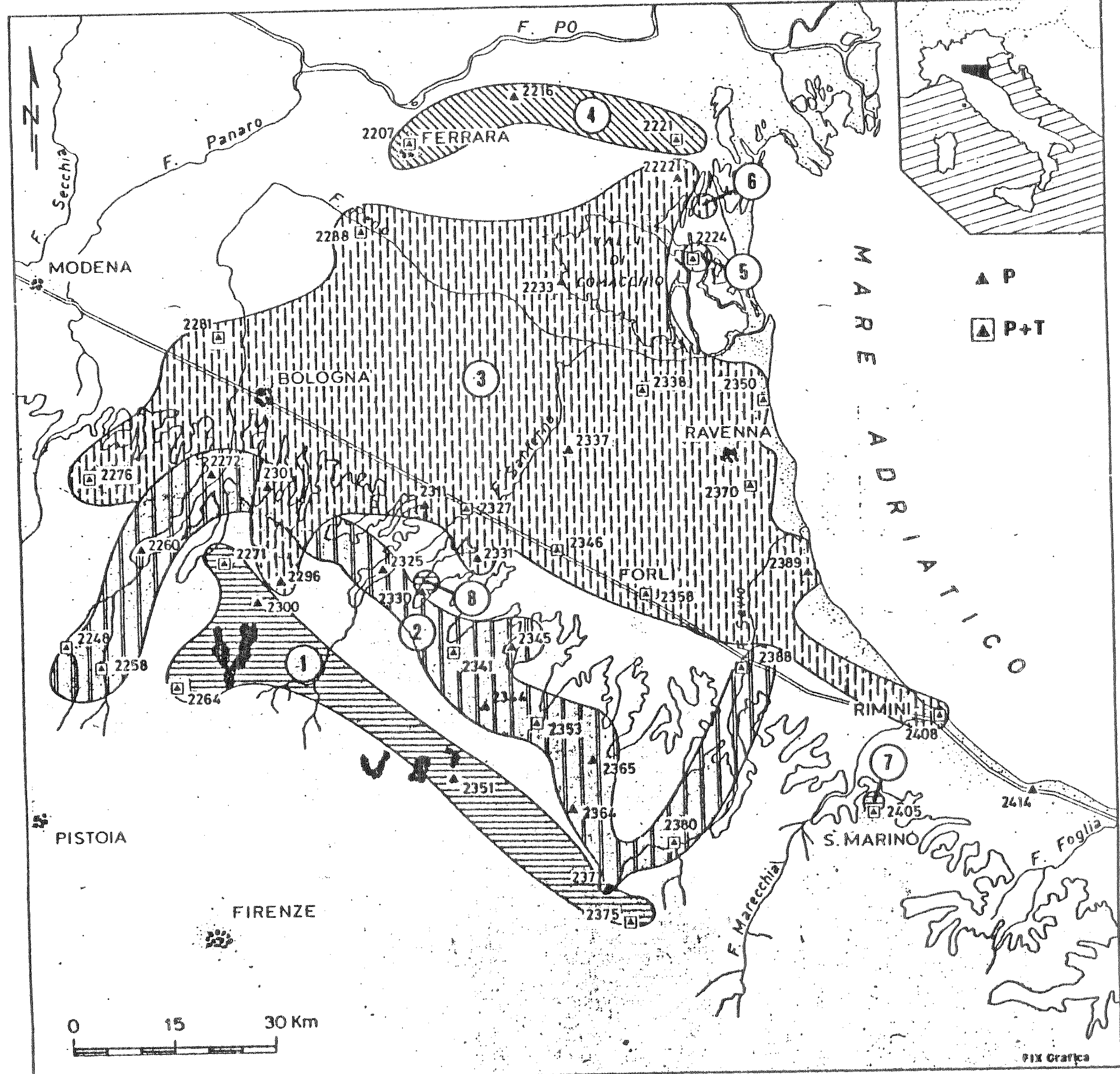
Fonte: *La Provincia di Bologna nell'anno X*, Bologna, 1932, tav. 15, p. 65.



Regional grouping using a cluster analysis. Group 1′: north-west of Spain, northern Portugal, northern Italy and eastern Mediterranean coast of France. Group 2′: north-east and south of Spain, southern Portugal and west Mediterranean coast of France. Group 3′: Balearic Islands, central part of Italy, northern Greece and a part of Yugoslavia. Group 4′: Yugoslavia, Albania and south-east of Italy. Group 5′: southern Greece



Cluster di Tminima periodo '61-'66



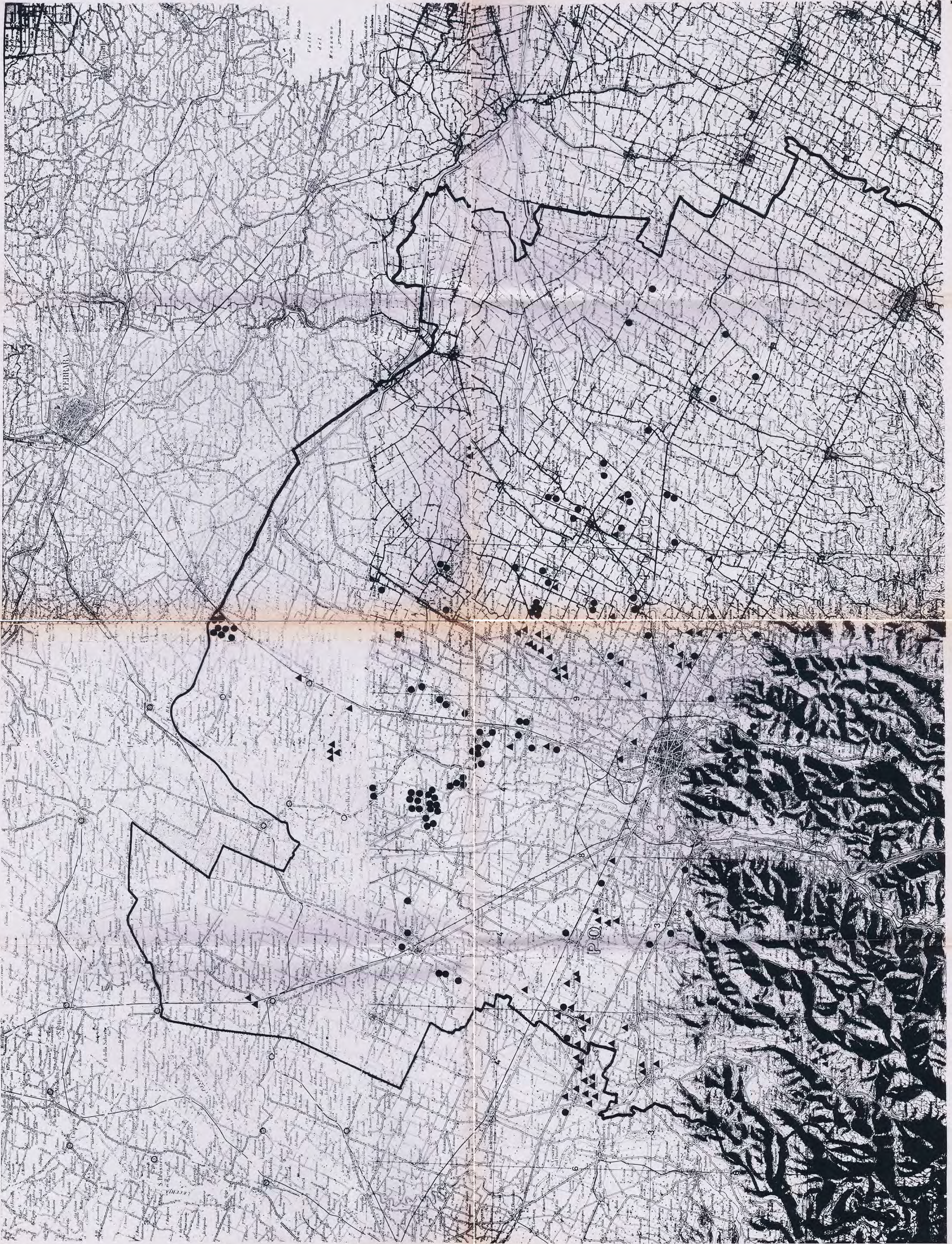
Partizioni di precipitazioni basate sul numero di giorni piovosi.

MAPPE APPENDICE 3

Pianta generale della città di Bologna, 1889, tratta da: Comune di Bologna, PRG '84, Progetto preliminare, sez.3 - elaborati grafici, tav. 3.5
Palazzo Poggi si trova in basso a sinistra, nei pressi dell'Orto Botanico, e quindi ai limiti dell'area urbanizzata.

Pianta della provincia di Bologna, sulla base delle tavolette dell'IGM al 100°000. I cerchi pieni danno la posizione dei poderi di cui si è rilevata la produzione; i triangoli quella dei poderi utilizzati per l'elaborazione dei dati.


MUNICIPIO DI BOLOGNA
UFFICIO DI EDILITÀ ED ARTE
PIANO REGOLATORE DELLA CITTÀ E
PIANO DI AMPLIAMENTO ESTERNO
PIANTA GENERALE



TAB. 3.1

La tabella illustra la struttura del campione utile, analizzato per azienda.

La prima colonna riporta appunto il nome dell'azienda, la seconda il numero dei poderi per i quali abbiamo trovato la produzione del frumento (v. tab. 3.2); la terza il numero dei poderi inclusi nel campione utile, la quarta la superficie dell'azienda, ove nota, in tornature (v. tab. 3.3); le ultime due rispettivamente il periodo utilizzato ed il fattore di rendimento medio.

PODERI UTILIZZATI NELL'ELABORAZIONE DEI DATI

nome azienda	poderi		superficie considerata	periodo considerato	fattore di rendimento
	n.tot.	n. utiliz.			
BARACCANO	20	18	1462.63.54	1823-1861	8.0
S.BARTOLOMEO	13	7		1823-1861	9.1
CREVALCORE	2	2		1831-1861	6.1
MONGIORGIO	8	8		1824-1858	3.6
PIUMAZZO	23	20		1833-1861	6.1
S.LAZZARO	17	10		1824-1861	7.7
TOMBE	5	5		1824-1861	6.7
BUDRIO	20	7		1823-1861	8.1
CALCARA	19	7	480.111.78*	1823-1853	5.2
MEDICINA	14	1	160.49.56	1823-1861	7.1
VIADAGOLA	4	4	349.129.12	1823-1861	8.2

* Questo dato riguarda 5 poderi sui 7 utilizzati.

TAB. 3.2

Le tabelle seguenti analizzano la struttura del campione di poderi rilevato. L'intestazione fornisce il nome con cui l'azienda è identificata nei libri contabili e la proprietà. Quindi la prima colonna dà il nome dei terreni, divisi fra "possessioni" (in genere di grosse dimensioni, con casa colonica, stalla ...) e "luoghi" (di più modesta entità). La seconda colonna indica la località nei cui pressi è situato il podere, la terza la superficie in tornature (v. tab. 3.3), la quarta la data a cui risale l'indicazione della superficie. Questo dato non è irrilevante, poiché non sono rare ridistribuzioni di terreni tra poderi confinanti, rettifiche di confini con scambi tra padroni limitrofi, acquisti o cessioni di particelle ed anche correzioni di precedenti misure risultate scorrette. Nel caso di più dati di superficie è stato riportato quello più prossimo al periodo utilizzato.

La sesta colonna riporta gli anni (estremi inclusi) per cui sono stati trovati i dati di produzione del frumento; l'ultima segnala (con la presenza dell'asterisco) se il podere in questione è stato selezionato per l'elaborazione successiva.

NOME AZIENDA   PROPRIETARIO

BARACCANO   CONSERVATORIO DI SANTA MARIA DEL BARACCANO

P.MARSIGLIA VECCHIA	Viadagola	110.140	1814	1871-1807	1821-1901		*
P. MARSIGLIA NUOVA	Viadagola	123.71.77	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. DUE ZECCHE	Viadagola	114.128	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. MAESTA'	Viadagola	123.34.59	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. VOLTA	Viadagola	123.34.59	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. ZENA	Viadagola	116.99.51	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. CADRIANA	Cadriano	108.3	1814	1781-1807	1821-1901		*
L. TEGGIA	Cadriano	91.97.98	1814	1781-1807	1821-1901		*
L. PALAZZO	Mascarino	56.112.46	1780	1781-1805	1815-1901		*
L. CAVEDAGNA	Mascarino	14.45.46	1780	1781-1805	1815-1895		*
L. BORGOGNONE	Mascarino	58.89	1814	1781-1805	1815-1901		*
L. FORNO	Mascarino	17.12	1814	1781-1805	1815-1881	1886-1901	*
P. POMO	Casoni	104.75	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. PUNTA	Casoni	69.22	1814	1781-1807	1821-1901		*
P. MANTACHETA	Casoni	121.22	1814	1781-1807	1821-1901		*
L. CALAMOSCO	S. Donino	70.110.18	1814	1799-1805	1815-1869		*
L. S. SISTO	Quarto Sup.	15.132	1814	1781-1805	1815-1877		*
L. CASAGLIA	Casaglia	37.89.27	1814	1781-1805	1815-1895		*
L. CASAPPI				1842-1875	1889-1901		
L. POZZANGHERA				1831-1835			

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

S.BARTOLOMEO ORFANOTROFIO DI S. BARTOLOMEO E S. MARIA MADDALENA UNITI

podere	località	superficie in tornature	data	anni		utilizzati
P. BONDANELLO	Castelmaggiore			1773-1800	1818-1901	*
P.BORGO	Borgo Panigale	84.08.19	1870	1773-1807	1821-1901	*
L.GHERGHINZANO	Gherghinzano	35.40	1870	1818-1880	1883-1895	*
L.RONCHI	Corticella			1815-1901		*
L.DOZZA	Dozza			1815-1877		*
L.SALICETO	Saliceto			1815-1870		*
L.S.GIACOMO	S.Giovanni in Pers.			1852-1900		
L.ZENERIGOLO	S.Giovanni in Pers.			1852-1900		
L.PIOLLINO	S.Giovanni in Pers.			1852-1866		
L.BIGNAMI	Ca' de Fabbri	56.93.83	1870	1857-1894		
L.B.V.DI LORETO	Minerbio	41.86.35	1870	1858-1895		
L.CASINO	Bagnarola di Sotto	53.51	1870	1858-1895		

NOME AZIENDA PROPRIETARIO
ARIENTI OSPEDALE AZZOLINI

podere	località	superficie in tornature	data	anni				utilizzati
L.QUARTO SUP.	Quarto Sup.	37.84.66	1814	1787	1795-1800	1803-1804	1823	
L.SCANDELLARA	Roncrio	233.0.29	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.CASETTA	Rastignano	46.43.99	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.CAVICCHIO	Roncrio	53.92.78	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.PALAZZAZZO	Rastignano	4.84.70	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.BENTIVOGLIO	Roncrio	126.04.56*	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.FORNASETTA	Roncrio	126.04.56*	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.CANOVA	Rastignano	117.21.95	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	
L.ARIENTI	Roncrio	248.38.90	1814	1783-1788	1795-1800	1803-1807	1822-1823	

* il dato di superficie si riferisce a L. BENTIVOGLIO e L. FORNASETTA uniti

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

SS. ANNUNZIATA RITIRO SS. ANNUNZIATA DETTO DEL P. CALINI

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
P. COMMISSARIA	S. Maria Induno	160.191.72	1840	1850-1901	
P. COLOMBARA	Bagnarola Sup.	151.35.31	1844	1845-1901	
L. LUOGHETTO	S. Maria Induno	29.117.47	1840	1850-1901	
L. RONCHI	Corticella	55.134.30	1842	1845-1901	
L. S. GIACOMO	Granarolo	48.120.46	1844	1845-1901	
L. PALAZZINA	Fiesso	60.53.56	1844	1850-1901	
L. S. BRIGIDA	Granarolo	56.107.31	1844	1845-1901	
L. S. ANTONIO	Granarolo	44.140.54	1844	1845-1901	
L. FABBRICA	Funo	13.113.12	1844	1845-1863	
L. CA' DE' GRILLI	S. Antonio di Sav.			1845-1861	
L. BORGHI	Granarolo	(*)		1884-1901	

(*) Il L. BORGHI nasce da uno scorporo del L. S. ANTONIO

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

SAVIGNANO-VENETA FONDAZIONE COLLEGIO BERTOCCHI

podere	località	superficie in tornature	data	anni			utilizzati
P. ARGELATA				1812-1815			
P. PADULLE	Padulle	70	1850	1812-1816	1828-1832	1847-1854	
P. BASSONI	Padulle	50	1852	1812-1816	1828-1832	1847-1854	
L. CASAZZO				1812-1816			
L. CASINO	Argelato			1812-1815	1829-1832	1847-1854	
L. GHIAIA	Argile			1812-1816	1848-1854		
L. BARCA	Argile	6.13.17	1854	1812-1814			
L. VENENTA	Argelato			1826-1828			
P. VENENTA	Argelato	75	1846	1826-1832	1847-1854		
L. CROCETTA	Argelato	77.88	1849	1826-1832	1848-1854		
L. CANTALUCCO	Argelato	46.50.37	1849	1828-1832	1849-1854		
L. FERRATINA	Argile			1828-1832	1847-1850		
L. CASCINA	Argile			1829-1832	1847-1854		
P. 4 PORTONI	Argelato	75	1846	1829-1832	1847-1854		
P. CA ROSSA	Argelato	70	1846	1847-1854			
L. CANOVA	Argelato	40	1852	1851-1854			

NOME AZIENDA PROPRIETARIO
ALTEDO OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	uti-liz-zati
P. ALTEDO	Altedo	113.54.04	1845	1829-1845	
L. SALETTO	Saletto	35.06.56	1845	1829-1845	

NOME AZIENDA PROPRIETARIO
BUDRIO OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
P. VEDURO	Veduro			1815-1845	
P. BAGNAROLA SOPRA	Bagnarola			1815-1861	*
P. GRANDE	Budrio (*)			1815-1861	*
P. MADDALENA	Cazzano			1814-1845 1860-1861	
P. MARANO	Marano			1815-1861	*
P. QUARTO	Quarto Sup.	115.022.73	1816	1815-1870	*
L. VEDURO	Veduro			1815-1850	
L. MAGARANO	Budrio			1815-1845	
L. CADELLORBO	Villanova	54.77.25	1816	1815-1832 1842-1861	
L. CUMULO				1821-1844	
L. MARANO	Marano			1815-1861	
L. CAROSSA	Budrio			1815-1845	
L. PRUNARO	Prunaro			1815-1850	
L. FORNACE	Prunaro			1815-1861	*
L. MINERBIO				1915-1842	
L. NUOVO	Castenaso	37.72.60	1816	1815-1832	
L. GOVERNATOIO	Villanova			1815-1861	*
L. MALCAMPO	Budrio			1815-1845	
L. GRANDE	Budrio			1815-1845	
P. BAGNAROLA SOTTO	Bagnarola	118.085.70	1816	1815-1821	

(*) dal 1858 la possessione viene divisa in L. PRADOLA e L. CANALE; i dati del primo continuano fino al 1870, quelli del secondo si fermano al 1861

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

CALCARA OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	uti-liz-zati
P. BOSCO	Calcara			1815-1853	*
P. RIALTO	Calcara			1815-1853	*
P. SAMOGGIA	Calcara	176.092.07	1816	1815-1845	*
L. CANALE	Calcara	88.103.11	1816	1815-1853	*
P. MARCIAPESCE	S. Almaso	142.032.84	1816	1815-1953	*
P. CRESPELLANO	Crespellano	137.084.03	1816	1815-1853	*
P. CALVANELLA	Zola Predosa	136.088.28	1816	1815-1845	
L. CABIANCA	Zola Preodsa			1815-1845	
L. FALZONE	Anzola	34.061.67	1816	1815-1845	
P. S. ALMASO G.	S. Almaso	93.006.15	1816	1821-1853	*
L. S. ALMASO P.	S. Almaso	19.029.65	1816	1821-1853	*
P. SPIRITO SANTO	Borgo Panigale	166.081.59	1816	1822-1845	
L. S. PELLEGRINO	Ducentola			1822-1845	
P. BASSOLINA N.	S. Giovanni in Pers.			1822-1845	
P. BASSOLINA N.	S. Giovanni in Pers.			1822-1845	
L. CAMPAZZA	Calcara	29.141.30	1816	1825-1853	
L. CERETOLO	Ceretolo	25.32.70	1816	1832-1846	
L. CAROSSA				1832-1840	
L. GUZZANO				1837-1851	

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

FUNO OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
P. ALBERGATI	Funo	112.27.08	1845	1815-1845	
P. PALAZZO	Funo	134.128.85*	1845	1815-1845	
P.LE LARGHE	Funo	191?73?15	1845	1815-1845	
P. GRANDE	Castelmaggiore			1815-1845	
P. S. PIETRO	Casadio	89.132.98	1845	1815-1845	
P. S. PAOLO	Casadio	67.134.33	1845	1815-1845	
P.CASTAGNOLO MAG.	Castelmaggiore	102.043.30	1845	1823-1845	
L. CANOVA	Funo	42.40.26	1845	1815-1845	
L. FABBRI	Funo	85.55.58	1945	1815-1845	
L. S. NICOLO'	Funo	37.104.09	1845	1815-1845	
L. LIRONE	Castelmaggiore	50.120.31	1845	1815-1845	
L. S. GIORGIO	Casadio	77.100.12	1845	1815-1845	
L. FRABAZZA	Castelmaggiore			1815-1826	
L.ORTO AL PALAZZO	Funo	134.128.85*	1845	1815-1845	
L. S. PAOLO	Funo	30.04.50	1945	1815-1822	
L. GRANDE	Argelato	58.143.94	1864	1816-1829	
L. PICCOLO	Argelato	**		1816-1829	
P.S.MARIA INDUNO	S.Maria Induno	93.004.81	1845	1822 1836-1845	
L.S.MARIA INDUNO	S.Maria Induno	26.56.66	1845	1822 1843-1845	
LARGHE DI CASADIO	Casadio	17.114.39	1845	1838-1845	
L.CASTAGNOLO MIN.	Castagnolo Min.	80.5.83	1816	1850-1864	

* il dato di superficie si riferisce a P. PALAZZO e L. ORTO uniti

**il dato di superficie si riferisce ai due luoghi di Argelato uniti

NOME AZIENDA	PROPRIETARIO
MEDICINA	OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	uti-liz-zati
P. QUADERNA	Budrio	152.020.33	1845	1815-1845	
P. MARTELLA	Budrio	160.049.56	1816	1815-1861	*
P. BUDA	Villafontana	183.074.08	1845	1821-1845	
P. CROCETTA	Castelguelfo	94.043.54	1845	1821-1845	
P. S. ANTONIO	Medicina	80.124.94	1845	1821-1845	
P. FANTINA	Medicina	110.015.37	1845	1821-1845	
P. GAIANA	Villafontana	145.122.29	1845	1821-1845	
P. MARZARA	Buda	87.13.30	1832	1821-1847	
L. MARTELLA	Budrio	211.125.15(*)	1845	1815-1845 1855-1861	
L. PIANTAMENTO		91.53.24	1840	1829-1843	
P. PRABASSO	Villafontana	145.36.46	1845	1829-1845	
L. GALISANO G.	Villafontana			1830-1839	
L. GALISANO P.	Villafontana			1830-1839	
PEZZA FATTORE				1840-1861	

(*) unito a P. Martella e pezza del fattore

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

S. PROSPERO OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
P. S. ANDREA		148.66.55	1846	1822-1829 1841-1845	
P. S. FELICE		143.13.22	1846	1822-1829 1841-1845	
P. S. GIOVANNI BATT.		127.104.19(*)	1846	1822-1829 1841-1845	
L. S. SIMONE		74.92.50	1846	1822-1829 1841-1845	
L. S. PIETRO D'ALCANTERA		61.4.62	1846	1822-1829 1841-1843	
L. SS. FILIPPO E GIACOMO		63.79.5	1846	1822-1829 1841-1845	
L. S. VINCENZO FERRERI		127.104.19(*)	1846	1822-1829	
L. BARRA	Sbarra	18.32.29	1846	1841-1845	

(*) il dato di superficie si riferisce a P.S. GIOVANNI BATTISTA e L.S. VINCENZO FERRERI uniti

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

VIADAGOLA OSPEDALE MAGGIORE

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
P. S. GIORGIO	Viadagola	115.002.50	1816	1823-1861	*
P. S. GIACOMO	Viadagola	127.044.40	1816	1823-1861	*
L. S. CROCE	Viadagola	36.106.94	1816	1823-1861	*
L. S. FILIPPO	Viadagola	70.119.28	1816	1823-1861	*

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

CREVALCORE OSPEDALE DEGLI INNOCENTI O DEGLI ESPOSTI

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
P. SCAGLIAROSSA	Crevalcore			1831-1861	*
L. S. SILVESTRO	Crevalcore			1831-1861	*

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

MONGIORGIO OSPEDALE DEGLI INNOCENTI O DEGLI ESPOSTI

podere	località	superficie in tornature	data	anni	utilizzati
L. TALBANO				1824-1858	*
L. POGGIO	Mongiorgio			1824-1858	*
L. BUCCA	Mongiorgio			1824-1858	*
L. OSPITALE	Mongiorgio			1824-1858	*
L. CASELLA	Mongiorgio			1824-1858	*
L. VALLETTA	Mongiorgio			1824-1852	*
L. LEZZA	Mongiorgio			1824-1853	*
L. CABIANCA	Tiola			1824-1858	*

NOME AZIENDA PROPRIETARIO

PIUMAZZO OSPEDALE DEGLI INNOCENTI O DEGLI ESPOSTI

podere	località	superficie in tornature	data	anni			uti-liz-zati
P. SPARATE	S.Maria in Strada			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
P. SAMOGGIA	Calcara			1872-1793	1795-1797	1833-1861	*
P. CALCARA	Calcara			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
P. FOSSAVECCHIA	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
P. REDIPIEGO	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
P. ARGILE	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
P. S. MARCO	Piumazzo			1872-1793	1795-1797	1833-1861	*
L. CANOVA LUNGHI				1833-1841	1854-1861		*
L. BROLLO				1833-1861			*
L. S. GIORGIO	Bazzano			1833-1861			*
L. FOSSAVECCHIA	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
L. MORANDI				1833-1861			*
L. ARGILE	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
L. GHIRLANDINA				1838-1861			*
L. FRASSINO	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
L. REDIPIEGO	Bazzano			1833-1856			*
L. BARLEDA				1795-1797	1833-1861		*
L. SALDE	Calcara			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
L. S. MARCO	Piumazzo			1782-1793	1795-1797	1833-1861	*
L. FOLICELLO	Piumazzo			1853-1861			*
P.FIUMA o MUZZA				1782-1793			
L. FORNACE	Ponte Ronca			1782-1793	1795-1797		
L. CAMPOLUNGO				1796-1797			

NOME AZIENDA PROPRIETARIO
S. LAZZARO OSPEDALE DEGLI INNOCENTI O DEGLI ESPOSTI

podere	località	superficie in tornature	data	anni	uti-liz-zati
P.S. LAZZARO	Caselle di S.Lazz.			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
P. SCALA	Russo			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
P. MACINA	Caselle di S.Lazz.			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
P. COLUNGA	Russo			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
L. IDICE	Idice			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
L. CAROSSA	Russo			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
L. BORGHETTI	Montecalvo			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
L. ORTO	Caselle di S.Lazz.			1782-1793 1795-1797 1824-1861	*
P. FUNO	Funo			1782-1793 1795-1797	
L.S. MARIA INDUNO	S. Maria Induno			1782-1793 1795-1797 1831-1837	
L. ROVERETO	Bertalia			1782-1793 1795	
L. BRIGHENTA	Pizzocalvo			1783-1793 1795-1797	
L. CHIESA	Caselle di S.Lazz.			1782-1793 1796	
L. CANALE				1782	
L.S. PIETRO IN CASALE	S. Pietro in Cas.			1796-1797	
L. CASETTA	Montecalvo			1790 1824-1861	*
L. NUOVO ZINELLA				1855-1861	*

NOME AZIENDA PROPRIETARIO
TOMBE OSPEDALE DEGLI INNOCENTI O DEGLI ESPOSTI

podere	località	superficie in tornature	data	anni			utilizzati
P.CANOVA DI SOPRA o TOMBE DI SOPRA	Anzola			1782-1793	1795-1797	1824-1861	*
P.CANOVA SOTTO LAVINO o TOMBE DI MEZZO	Anzola			1782-1793	1795-1797	1824-1861	*
P.CANOVA SOTTO TOMBE o TOMBE DI SOTTO	Zola Predosa			1782-1793	1795-1797	1824-1857	*
P. LAVINO	Borgo Panigale			1782-1793	1795-1797	1824-1861	*
L. CONFORTINO				1782-1793	1795-1797	1824-1861	*

TAB. 3.3

Unità di misura utilizzate nel bolognese prima dell'introduzione del sistema metrico decimale.

L'unità di misura della superficie agraria è la tornatura, pari a 0.208 ha (con eventuali piccole varianti locali). Una tornatura si suddivide in 144 tavole, ciascuna a sua volta composta da 100 piedi.

Il frumento era tradizionalmente misurato non a peso, ma a volume; l'unità di volume per gli aridi era la corba, pari a 78.6448 l. Sottomultiplo della corba il quartirolo: sono necessari 16 quartiroli per fare una corba.

Dopo la conquista napoleonica cominciano ad essere usate le nuove misure decimali che, solo lentamente (in particolare per la valutazione dei raccolti), entrano nell'uso comune e in quello amministrativo.

TABELLE 3.4

Nella prima tabella viene riportata una sintesi delle informazioni relative ai poderi utilizzati nell'elaborazione dei dati.

Nelle successive tredici tabelle vengono riportati i valori annuali di produzione (prima colonna) e semente (seconda colonna) degli undici poderi utilizzati nell'elaborazione dei dati.

Vengono inoltre riportati i valori annuali di produzione e semente per la provincia di Imola e per CADRIANA (podere tipo dell'azienda BARACCANO).

PODERI UTILIZZATI NELL'ELABORAZIONE DEI DATI

nome azienda	poderi n.tot.	poderi n. utiliz.	superficie considerata	periodo consi-derato	fattore di ren-dimento
BARACCANO	20	18	1462.63.54	1823-1861	8.0
S.BARTOLOMEO	13	7		1823-1861	9.1
CREVALCORE	2	2		1831-1861	6.1
MONGIORGIO	8	8		1824-1858	3.6
PIUMAZZO	23	20		1833-1861	6.1
S.LAZZARO	17	10		1824-1861	7.7
TOMBE	5	5		1824-1861	6.7
BUDRIO	20	7		1823-1861	8.1
CALCARA	19	7	480.111.78*	1823-1853	5.2
MEDICINA	14	1	160.49.56	1823-1861	7.1
VIADAGOLA	4	4	349.129.12	1823-1861	8.2

* Questo dato riguarda 5 poderi sui 7 utilizzati.

BARACCANO

	1.106	.231
	2.485	.232
	1.523	.236
	1.304	.234
	1.49	.224
	1.566	.221
	1.96	.23
1830	1.161	.224
	1.461	.229
	1.663	.233
	1.5	.234
	1.527	.231
	1.672	.23
	1.656	.229
	1.994	.231
	2.027	.233
	1.68	.236
1840	1.806	.236
	1.343	.236
	1.582	.235
	2.056	.236
	2.256	.235
	1.569	.234
	1.563	.233
	2.149	.233
	1.373	.23
	2.579	.229
1850	1.875	.226
	1.792	.23
	2.492	.225
	1.052	.223
	2.248	.213
	1.851	.208
	1.991	.205
	2.122	.211
	2.43	.208
	2.566	.214
1860	1.767	.21
	2.269	.215

SS BART MAD

	.344	.053
	.548	.052
	.515	.052
	.256	.051
	.388	.052
	.415	.052
	.501	.052
1830	.321	.051
	.376	.051
	.458	.051
	.403	.049
	.42	.049
	.46	.049
	.386	.049
	.569	.049
	.561	.049
	.475	.049
1840	.482	.049
	.327	.049
	.34	.049
	.461	.049
	.53	.049
	.376	.049
	.324	.049
	.499	.049
	.33	.049
	.609	.049
1850	.473	.049
	.426	.049
	.563	.049
	.304	.049
	.478	.049
	.445	.049
	.469	.049
	.516	.049
	.543	.049
	.636	.049
1860	.419	.049
	.528	.049

CREVALCORE

	.065	.022
	.123	.022
	.065	.022
	.119	.022
	.165	.022
	.123	.022
	.122	.021
	.164	.021
	.119	.021
1840	.124	.021
	.092	.02
	.082	.019
	.119	.019
	.158	.019
	.128	.019
	.12	.019
	.092	.019
	.08	.018
	.156	.018
1850	.134	.018
	0.86	.018
	.143	.018
	.065	.018
	.126	.018
	.094	.02
	.11	.018
	.129	.018
	.021	.016
	.123	.016
1860	.112	.014
	.124	.013

MONGIORGIO

	.29	.049
	.234	.049
	.094	.049
	.152	.049
	.155	.05
	.166	.05
1830	.106	.05
	.154	.05
	.164	.05
	.139	.051
	.158	.051
	.239	.051
	.182	.051
	.227	.05
	.179	.051
	.187	.053
1840	.218	.053
	.155	.053
	.118	.053
	.193	.053
	.217	.053
	.174	.053
	.143	.055
	.174	.055
	.142	.056
	.218	.056
1850	.256	.054
	.233	.054
	.235	.049
	.156	.051
	.224	.051
	.204	.054
	.154	.051
	.205	.053
	.208	.053

PIUMAZZO

	.841	.272
	1.265	.27
	1.729	.267
	1.317	.266
	1.681	.27
	1.902	.27
	1.604	.273
1840	1.906	.274
	1.104	.267
	1.007	.267
	1.79	.273
	1.701	.272
	1.451	.272
	1.034	.261
	1.613	.261
	1.085	.261
	2.278	.26
1850	1.633	.261
	1.555	.263
	1.93	.264
	1.208	.268
	1.945	.26
	1.729	.257
	1.786	.254
	1.901	.255
	2.257	.256
	2.152	.256
1860	1.142	.257
	1.877	.255

SAN LAZZARO

	1.104	.13
	1.001	.13
	.453	.129
	.849	.13
	.683	.132
	1.139	.132
1830	.596	.13
	.829	.13
	.956	.13
	1	.13
	.769	.13
	1.15	.13
	.854	.128
	1.216	.126
	.899	.126
	1.044	.128
1840	1.011	.128
	.86	.128
	.78	.128
	1.144	.128
	1.051	.128
	.903	.128
	.657	.128
	1.007	.128
	.663	.128
	1.469	.128
1850	.971	.128
	1.049	.128
	1.254	.126
	.699	.126
	1.164	.126
	1.026	.124
	.853	.124
	1.159	.122
	1.371	.123
	1.395	.123
1860	.606	.123
	1.359	.123

TOMBE

	.651	.07
	.617	.072
	.34	.072
	.452	.071
	.385	.073
	.392	.073
1830	.36	.074
	.394	.075
	.504	.077
	.358	.077
	.445	.081
	.506	.081
	.5	.081
	.599	.081
	.605	.081
	.618	.082
1840	.528	.079
	.375	.078
	.302	.079
	.576	.077
	.622	.079
	.513	.078
	.443	.079
	.603	.079
	.387	.08
	.826	.08
1850	.549	.081
	.548	.078
	.615	.078
	.364	.078
	.566	.078
	.454	.077
	.556	.072
	.576	.078
	.776	.082
	.813	.082
1860	.37	.078
	.551	.083

BUDRIO

	.613	.112
	.916	.109
	.96	.109
	.51	.109
	.752	.109
	.618	.109
	.957	.109
1830	.486	.109
	.778	.109
	.884	.109
	.772	.107
	.716	.105
	.903	.105
	.733	.105
	.934	.105
	.835	.105
	.801	.105
1840	.846	.105
	.643	.102
	.694	.099
	.965	.099
	.987	.1
	.683	.1
	.629	.102
	.941	.102
	.572	.103
	1.204	.103
1850	.898	.104
	.888	.103
	1.127	.102
	.44	.1
	.986	.1
	.914	.098
	.743	.095
	1.01	.095
	1.039	.093
	.123	.093
1860	.658	.093
	1.07	.093

CALCARA

	.567	.142
	1.03	.144
	1.036	.144
	.328	.144
	.62	.144
	.563	.144
	.668	.144
1830	.552	.144
	.608	.144
	.81	.144
	.52	.144
	.622	.144
	.823	.144
	.703	.144
	.966	.144
	.912	.144
	.851	.144
1840	.842	.142
	.575	.14
	.45	.132
	.679	.123
	.797	.121
	.595	.119
	.427	.119
	.724	.119
	.457	.119
	.962	.119
1850	.758	.119
	.664	.119
	.799	.199
	.568	.119

MEDICINA (MARTELLA)

	.108	.022
	.241	.022
	.187	.023
	.106	.022
	.158	.024
	.173	.024
	.218	.024
1830	.119	.02
	.191	.022
	.187	.024
	.179	.024
	.167	.024
	.085	.024
	.137	.024
	.227	.022
	.171	.022
	.18	.022
1840	.139	.02
	.096	.02
	.091	.02
	.113	.02
	.164	.02
	.094	.02
	.1	.02
	.15	.02
	.099	.02
	.175	.02
1860	.152	.02
	.148	.02
	.199	.02
	.084	.02
	.183	.02
	.136	.02
	.155	.018
	.167	.02
	.174	.02
	.188	.02
1860	.096	.02
	.12	.02

VIADAGOLA

	.393	.07
	.788	.07
	.559	.07
	.454	.07
	.426	.07
	.546	.07
	.703	.07
1830	.393	.07
	.518	.07
	.632	.069
	.527	.069
	.527	.069
	.779	.069
	.55	.069
	.658	.069
	.669	.069
	.546	.069
1840	.535	.069
	.406	.069
	.493	.069
	.575	.071
	.694	.071
	.498	.07
	.469	.07
	.623	.07
	.431	.072
	.804	.072
1850	.552	.072
	.543	.067
	.738	.067
	.233	.07
	.603	.069
	.561	.069
	.55	.07
	.644	.066
	.685	.064
	.699	.065
1860	.425	.065
	.624	.065

CADRIANA

	.116	.02
	.24	.02
	.149	.022
	.083	.022
	.12	0.2
	.185	.02
	.179	.02
1830	.111	.02
	.091	.02
	.142	.02
	.153	.02
	.126	.02
	.18	.02
	.14	.02
	.15	.02
	.15	.02
	.164	.02
1840	.14	.02
	.145	.02
	.135	.02
	.18	.021
	.196	.021
	.175	.02
	.139	.02
	.25	.02
	.11	.02
	.258	.02
1850	.158	.02
	.18	.02
	.246	.02
	.108	.017
	.213	.018
	.165	.016
	.221	.016
	.218	.016
	.25	0.16
	.278	.016
1860	.207	.016
	.249	.016

IMOLA

	.548	.1
	1.118	.1
	.571	.1
	.331	.1
	.483	.1
	.601	.1
	.768	.1
1830	.843	.1
	.587	.1
	.859	.1
	.454	.1
	.626	.1
	.588	.1
	.637	.1
	.726	.1
	.635	.1
	.628	.1
1840	.869	.1
	.509	.1
	.586	.1
	.792	.1
	.778	.1
	.48	.1
	.563	.1
	.764	.1
	.682	.1
	1.021	.1
1850	1.034	.1
	.73	.1
	1.081	.1
	.586	.1
	.586	.1
	.87	.1
	.742	.1
	1.101	.1
	.846	.1
	.832	.1
1860	.746	.1
	.843	.1